UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

A PEGADA DE CARBONO COMO UM DOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA MEDIÇÃO DA RESPONSABILIDADE SOCIOAMBIENTAL EMPRESARIAL: UM ESTUDO DE CASO NA UNIDADE SEDE DA PETROBRAS EM NATAL-RN.

por

RICARDO TEIXEIRA GREGÓRIO DE ANDRADE

BIÓLOGO, UFRN, 2009; TECNÓLOGO EM MEIO AMBIENTE, IFRN, 2007

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTECOMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE

MESTRE EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

NOVEMBRO, 2010

Assinatura do Autor: ____

APROVADO POR:

____
Prof.ª Karen Maria da Costa Mattos, D. Sc. – Orientadora, Presidente

____
Prof. Aristotelino Monteiro Ferreira, D. Sc., Membro Examinador

____
Prof. Carlos Henrique Catunda Pinto, D. Sc., Membro Examinador

____
Prof. Ciliana Regina Colombo, D. Sc., Membro Examinador

Divisão de Serviços Técnicos

Catalogação Pública na Fonte. UFRN / Biblioteca Central Zila Mamede

ANDRADE, Ricardo Teixeira Gregório de Andrade
A Pegada de Carbono como um dos indicadores de sustentabilidade para medição da responsabilidade socioambiental empresarial: um estudo de caso na unidade sede da Petrobras em Natal-RN / Ricardo Teixeira Gregório de Andrade – Natal, 2010.

216 f.

Orientadora: Karen Maria da Costa Mattos

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

1. Sustentabilidade – indicadores – Dissertação. 2. Pegada de Carbono – Dissertação. 3. Alterações Climáticas – Dissertação. 4. Emissões de Gases Efeito Estufa (GEE) – Dissertação. I. Mattos, Karen Maria da Costa. II. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. III. Título.

RN/UF/BCZM CDU 502.131.1(043.3)

CURRICULUM VITTAE RESUMIDO

Ricardo Teixeira Gregório de Andrade é formado em Tecnologia em Meio Ambiente pelo IFRN e Ciências Biológicas pela UFRN. Ao ingressar no Mestrado, foi contemplado com uma bolsa do CNPQ. Durante o curso, foram 5 artigos científicos publicados em revistas e eventos nacionais. Também durante o mestrado, foi aprovado no concurso público para analista ambiental do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Posteriormente, foi aprovado no concurso público para professor efetivo de Engenharia Ambiental do Instituto Federal de Rondônia. Atualmente leciona as disciplinas de Programa e Prevenção de Riscos Ambientais, Manejo e Conservação do Solo e da Água e Bioclimatologia e Agroclimatologia no Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental.

ARTIGOS PUBLICADOS DURANTE O CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO

ANDRADE, Ricardo Teixeira; MATTOS, Karen Maria Costa; FONSECA, Carlos Sigmund. Geração e Destino dos Resíduos Eletrônicos de Informática nas Instituições de Ensino Superior de Natal. **Revista Holos**, v. 2, p. 80-99, 2010.

ANDRADE, Ricardo Teixeira; MATTOS, Karen Maria Costa. A Responsabilidade Social Corporativa no tocante à Mitigação das Emissões de GEE. In: **I Jornada Científica de Ferramentas de Gestão Ambiental para Competitividade e Sustentabilidade**, 2009.

GUIMARAES, Gabrielle Vasconcellos; ANDRADE, Ricardo Teixeira; GONDIM, Rosângela. Projeto Sagui das Dunas: a interiorização da Educação Ambiental infantil através da arte-ludicadade. **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, v. 22, p. 247-260, 2009.

GOMES, I. A.; CARDOZO, P. M. M.; SILVA, J. K. F.; CELESTINO, J. E. M.; PEGADO, N. F.; GRIMALDI, G. G. ; ANDRADE, Ricardo Teixeira ; GONDIM, R. D. . Projeto sementinha: semeando valores ambientais na comunidade de Nova Descoberta, Natal/RN. **Revista brasileira de educação ambiental**, v. 4, p. 81-90, 2009.

ANDRADE, Ricardo Teixeira; SANTOS, Enilson Medeiros. Quantificação das Emissões de Gases Efeito Estufa - GEEs segundo Matriz Energética Diesel ou GNV no Transporte Público por Ônibus em Natal. **Revista Holos**, v. 3, p. 3/1-15, 2009.

Feliz o homem que encontra a Sabedoria,
e o homem que adquire conhecimento;
Porque melhor é o lucro que ela dá
do que o da prata
e melhor a sua renda do que
o ouro mais fino
Mais preciosa é do que pérolas,
e tudo o que podes desejar
não é comparável a ela.

Salomão, Provérbios 3, v.13-15

Ele reserva a verdadeira Sabedoria
Aos retos

Salomão, Provérbios 2, v.7

AGRADECIMENTOS

Ao Mestre, Pai Superior pelo fortalecimento ispiritual, luz e amor concedidos.

Aos meus familiares e parentes pela formação, amor e carinho nos momentos mais importantes de minha vida, pelo apoio e orientação recebidos, em especial: Irineu (pai), Ana Maria (mãe) e Deca (irmã querida).

À minha esposa Gabrielle, minha riqueza, pelo amor, companheirismos e carinho.

A todos meus amigos queridos que contribuem para minha formação cidadã, aprendizado espiritual e alegria de viver.

Ao IFRN, à UFRN e ao PEP, pela formação acadêmica e cidadã.

À minha orientadora professora Karen Mattos por sua contribuição acadêmica e suporte concedido.

Ao professor Toti pela inspiração para realização deste trabalho, conversas e orientações concedidas.

Aos professores do PEP pelo esforço e conteúdos ministrados durante as disciplinas.

Aos colegas da turma (2009) do mestrado.

À Petrobras pela permissão em realizar o estudo.

Aos professores Toti, Catunda e Ciliana pela participação na banca examinadora e contribuições com as orientações para melhoria da dissertação.

Ao CNPQ, pelo apoio financeiro.

Meus sinceros votos de gratidão e respeito.

Resumo da Dissertação apresentada à UFRN/PEP como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau Mestre em Ciências em Engenharia de Produção. Dez. 2010.

A PEGADA DE CARBONO COMO UM DOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA MEDIÇÃO DA RESPONSABILIDADE SOCIOAMBIENTAL EMPRESARIAL: UM ESTUDO DE CASO NA UNIDADE SEDE DA PETROBRAS EM NATAL-RN.

RICARDO TEIXEIRA GREGÓRIO DE ANDRADE

Orientadora: Karen Maria da Costa Mattos

Contemporaneamente, se está constatando que o tema das alterações climáticas, já integralizado como preocupação da realidade política e econômica internacional, vem também adquirindo abrangência e repercussão nos setores industriais e empresariais. As empresas, em seu enquadramento no novo conceito de combate à mudança do clima, têm adotado algumas medidas na tentativa de minimizar os impactos das suas próprias emissões de Gases Efeito Estufa (GEE). Contudo, a grande maioria das ações de Responsabilidade Socioambiental Empresarial (RSE) quanto a essa temática referem-se apenas às emissões diretas dos principais processos produtivos empresariais. As emissões diretas são aquelas derivadas de um processo isolado, sem considerar os processos *upstream* e *downstream*, os quais respondem pela a maior parte das emissões derivadas da existência de uma determinada empresa. Haja vista que o efeito estufa sobrevém de forma global, e que as emissões de GEE contribuem para as mudanças climáticas independentemente de sua origem, deve-se levar em consideração todo o ciclo de vida produtivo de produtos e processos, desde a energia investida na extração da matéria-prima e insumos necessários até o descarte final. Para se fazer isso, deve-se esquadrinhar todos os passos relevantes ao longo do ciclo de vida de um produto/processo produtivo, rastreando todas as atividades que emitam direta ou indiretamente GEE. O somatório dessas consiste justamente na Pegada de Carbono da empresa. A finalidade desse estudo é defender a relevância da Pegada de Carbono e viabilidade de adoção desta para ser usada como Indicador de Sustentabilidade na avaliação/mensuração da RSE. Para isso, foi realizado um estudo de caso na unidade sede da Petrobras em Natal-RN, avaliando-se parte de sua Pegada de Carbono. Para a quantificação das emissões, foi utilizado o *software* GEMIS 4.6. Os itens medidos foram as emissões diretas dos veículos próprios da unidade e emissões indiretas do papel *offset* A4, energia elétrica e copos plásticos descartáveis consumidos. Para o exercício de 2009, mensuramos a emissão de 3.811,94 tCO_2eq. Concluímos que a aferição da Pegada de Carbono é imprescindível para conhecimento das emissões reais causadas pela existência de um processo produtivo, devendo servir de base para a tomada de decisões de RSE quanto ao desafio da reversão das mudanças climáticas.

Palavras-Chaves: Pegada de Carbono, Indicadores de Sustentabilidade, Alterações Climáticas, Emissões de Gases Efeito Estufa (GEE).

Abstract of Master Thesis presented to UFRN/PEP as fulfillment of requirements to acquirement of the degree of Master of Science in Production Engineering. Dec. 2010.

CARBON FOOTPRINT AS A SUSTAINABILITY INDICATOR OF CORPORATIVE SOCIAL-ENVIRONMENTAL RESPONSIBILITY MEASUREMENT: A STUDY CASE IN SEAT UNITY OF PETROBRAS AT NATAL-BRAZIL.

RICARDO TEIXEIRA GREGÓRIO DE ANDRADE

Thesis supervisor: Karen Maria da Costa Mattos

As a contemporary tendency, it is been evidenced that the environmental changes theme, already admitted as a concernment to international economical and political reality, is also gaining repercussion on industrial and business sector. Firms are implementing actions on trial to minimize their own greenhouse gases (GHG) emissions impacts. However, the great majority of those actions of Corporative Social-Environmental Responsibility (CSR) are referred only to direct emissions of the main production systems. Direct emissions are those derived of an isolate process, without considering the upstream and downstream processes emissions, which respond for the majority of emissions originated because of respective firm's production system existence. Because the greenhouse effect occurs globally and the GHG emissions contribute to the environmental changes independently of their origin, it must be taken into account the whole productive life cycle of products and systems, since the energy invested on resources extraction and necessary materials to the final disposal. To do so, it must be investigated all relevant steps of a product/production system life cycle, tracking all activities which emit greenhouse gases, directly or indirectly. This amount of emissions consists in the firm's Carbon Footprint. This research purpose is to defend the Carbon Footprint relevance and its adoption viability to be used as an Environmental Indicator on measurement/assessment of CSR. It has been realized a study case on Petrobras's seat unity at Natal-Brazil, assessing part of its Carbon Footprint. It has been used the software GEMIS 4.6 to do the emissions quantifying. The items measured were the direct emissions of the own unity vehicles and indirect emissions of offset paper (A4), energy and disposable plastic cups consumed. To 2009, these emissions were 3.811,94 tCO_2eq. We may conclude that Carbon Footprint quantification is indispensable to the knowledge of real emissions caused by a productive process existence, must serving as basis to CSR decisions about the environmental changes reversion challenge.

Keywords: Carbon Footprint, Sustainability Indicators, Environmental Changes, Greenhouse Gases (GHG).

LISTA DE TABELAS

LISTA DE QUADROS

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACV – Análise do Ciclo de Vida
API – Instituto de Petróleo Norte-Americano (*American Petroleum Institut*)
APPs – Áreas de Preservação Permanente
ARPEL – *Associaciòn Regional de Empresas de Petróleo y Gas Natural em Latinoamerica y El Caribe*
BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento
BR Distribuidora – Petrobras Distribuidora S.A.
CCCE – Conselho Canadense de Chefes Executivos (*Council of Chief Executives*)
CCS – CO_2 *Carbon Capture and Storage* (Captura e Sequestro de Carbono)
CCWG – *Climate Change Working Group*
CDAs – Centros de Defesa Ambiental
CDP – *Carbon Disclosure Project*
CEBDS – Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável
CENPES – Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello
CERES – *Climate Change Governance Checklist*
CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
CIMGC – Comissão Interministerial de Mudanças Globais de Clima
CNI – Confederação Nacional das Indústrias
CNP – Conselho Nacional do Petróleo
COMPERJ – Complexo Petroquímico do Estado do Rio de Janeiro.
CONPET – Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural
COP – Conferência das Partes da Convenção (CQNUMC)
COPPE – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa em Engenharia
Coppetec – Fundação Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos (UFRJ)
CQNUMC – Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima
DEFRA – Departamento de Meio-Ambiente, Abastecimento e Assuntos Rurais (*Department for Environment, Food and Rural Affairs*)
DJSI – *Dow Jones Sustainability Index*
e.g. = *exempli gratia* (por exemplo)
EEA – Agência Ambiental Européia (*Environmental European Agency*)
EEGEE – Emissões evitadas de gases de efeito estufa
EIA – Estudo de Impacto Ambiental
EIO-LCA – Análise de Ciclo de com *Inputs* e *Outputs* Econômicos (*Economic Input-Output Life Cycle Assessment*)
EITI – Iniciativa de Transparência nas Indústrias Extrativas (*Extractive Industries Transparency Initiative*)
ENCE – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia

EPA – Agência de Proteção Ambiental dos EUA (*Environmental Protection Agency*)
EU ETS – Sistema de Comércio de emissões da União Européia (*European Union Emission Trading System*)
FEEMA – Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente
FSC – *Forest Stewardship Council*
GEE – Gases Efeito Estufa
GEMIS – Modelo de emissões Globais para Sistemas Integrados (*Global Emission Model for Integrated Systems*)
GHG – *Greenhouse Gas*
GNV – Gás Natural Veicular
GRI – *Global Reporting Initiative*
GWP – Potencial de Aquecimento Global (*Global Warming Potencial*)
IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICT – Tecnologia em Informação e Comunicação (*Information and Communication Technology*)
i.e. = isto é
IEA – Agência Internacional de Energia (*International Energy Agency*)
IETA – *International Emission Trade Association*
IPCC – Painel Internacional para Mudança do Clima (*Internacional Pannel for Climate Change*)
ISO – *Internacional Organization for Standardization*
MCT – Mnistério da Ciência e Tecnologia
MDL – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
NTREE – Mesa Redonda Nacional do Canadá em Economia e Meio-Ambiente (*Canada's National Round Table on the Economy and the Environment*)
OCDE – Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OIT – Organização Internacional do Trabalho
ONU – Organização das Nações Unidas
PACI – Iniciativa de Parceria contra Corrupção (*Partnering Against Corruption Initiative*)
PBio – Petrobrás Biocombustível
PE2020 – Plano Estratégico 2020 (Petrobrás)
PEGASO – Programa de Excelência em Gestão Ambiental e Segurança Operacional
PIB – Produto Interno Bruto
PNMC – Política Nacional de Mudanças Climáticas
PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PROÁLCOOL – Programa Nacional do Álcool
PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PROGÁS – Programas Tecnológicos de Gás Natural
PROGER – Programas Tecnológicos de Energias Renováveis
PROINFA – Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
RCA – Relatório Corporativo Anual

RIMA – Relatório de Impacto Ambiental
RMSP – Região Metropolitana de São Paulo
RSC – Responsabilidade Social Corporativa
RSE – Responsabilidade Socioambiental Empresarial
SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SIGEA – Sistema de Gestão de Efluentes Atmosféricos
SIN – Sistema Integrado Nacional
SMS – Segurança, Meio Ambiente e Saúde
SVMA – Secretaria do Verde e do Meio Ambiente do Município de São Paulo
tep – Tonelada Equivalente de Petróleo
Transpetro – Petrobras Transportes S.A.
UFC – Universidade Federal do Ceará
UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro
UNEP – *United Nations Environment Programme*
UNFCCC – *United Nations Framework Convention on Climate Change*
UNICEF– Fundo das Nações Unidas para a Infância (*United Nations Children's Fund*)
WBCSD – *World Business Council for Sustainable Development*
WEF – Fórum Econômico Mundial (*World Economic Forum*)
WRI – Instituto de Recursos Mundiais (*World Resources Institut*)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO

Hodiernamente, diversas alterações na Natureza têm sido sentidas ao longo de todo o globo. Guimarães e Fajardo (2007, p.19) colocam que:

> Flores estão desabrochando na Alemanha, estações de esqui fechadas na Suíça por falta de neve, búlgaros desfrutando das praias do país – tudo estaria 'em ordem' se não se tratasse do mês de janeiro... Este ano, o inverno europeu começou com imagens desconcertantes, que reforçaram a 'sensação geral' de que o clima está mudando, em todo o planeta.

Da mesma forma, podemos enumerar diversos exemplos de alterações naturais de causas climáticas – as enchentes e secas estão cada vez mais severas em território nacional, os regimes de chuvas não seguem mais um padrão anual, os Ipês no Nordeste só iniciaram sua floração em meados de Outubro, dentre inúmeros outros. Em relação aos problemas decorrentes das mudanças climáticas no Brasil, o presidente do Painel Intergovernamental sobre a Mudança do Clima (IPCC – *Intergovernmental Panel on Climate Change*), o indiano Rajendra Pashauri ao ser interrogado disse que "já estamos tendo, e teremos secas, inundações mais fortes e dificuldades progressivas de abastecimento de água, principalmente nas grandes cidades. Isto vai se agravar mais" (FAJARDO, 2006, p. 12).

O IPCC foi criado em 1988 pela Organização das Nações Unidas (ONU) e pela Organização Meteorológica Mundial (WMO – *World Meteorological Organization*), quando da conferência "Cidadãos da Terra" (da qual discordaram os EUA, China e Índia), e tem por objetivo estabelecer um elo entre a pesquisa e os governantes quanto à temática da mudança climática. Assim, a missão do IPCC é:

> Produzir, em base compreensiva, objetiva, aberta e transparente a informação científica, técnica e socioeconômica relevante para o entendimento das bases científicas do risco da mudança do clima antropogênica, seus impactos potenciais e opções para adaptação e mitigação (IPCC, 2001).

O IPCC não conduz, ele mesmo, pesquisa científica, nem efetua monitoramento de dados climáticos ou recomenda políticas, mas sim congrega pesquisadores (de todos os países membros das Nações Unidas) que analisam a literatura científica e técnica disponível e elaboram relatórios sobre o estado do conhecimento de todos os aspectos relevantes à mudança climática. Os relatórios passam por um minucioso processo de revisão por especialistas, e sua aprovação é submetida a representantes de todos os governos envolvidos. O objetivo dos relatórios não é prescrever soluções, mas servir de subsídio a governos e sociedade na adoção de políticas relativas à mudança climática.

As alterações climáticas já vem sendo detectadas, de forma menos perceptível, há algumas décadas e fomentando, em crescimento exponencial, uma preocupação em diversas áreas do conhecimento, demandando estratégias sócio-político-ecônomicas, bem como desenvolvimentos científicos e tecnológicos. O primeiro relatório foi divulgado em 1990 e teve grande importância para os comitês de negociação intergovernamentais para o estabelecimento da Convenção Quadro das Nações Unidas para as Mudanças Climáticas (UNFCCC – *United Nations Framework Convention on Climate Change*), em 1992. O segundo relatório, de 1995, contribuiu para as negociações que levaram à adoção do Protocolo de Quioto e do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) na UNFCCC em 1997. Em 2001, foi publicado o terceiro relatório, que se consagrou como referência para o fornecimento de informações para as deliberações nas Conferências das Partes. Finalmente, o quarto relatório saiu em 2007, consolidando o progresso científico desde 2001 e aprofundando o conhecimento das influências antropogênicas sobre o clima. Um aspecto importante desse relatório é o aumento do nível de confiança dos modelos de predição do comportamento do clima em vários cenários possíveis. Por seus esforços de alertar os povos do mundo ao perigo do aquecimento global, o IPCC compartilhou o Prêmio Nobel da paz de 2007 com o exvice-presidente dos Estados Unidos, Albert Gore (TEIXEIRA, 2007, p.127)

Logo, a confirmação da realidade das mudanças climáticas veio no mais recente relatório do IPCC, em que os mais de 2.500 cientistas de mais de 130 países envolvidos concluíram, após seis anos de estudos e análises, que a elevação da temperatura média global está correlacionada diretamente ao drástico aumento no uso de combustíveis fósseis. Com efeito, as análises sistemáticas do IPCC demonstram que este aumento da temperatura está crescendo e que é causado pelas emissões antrópicas acumuladas dos Gases Efeito Estufa – GEE (principalmente os gases dióxido de carbono – CO_2; metano – CH_4; e óxido nitroso – N_2O). Segundo Andrew Weaver, um dos autores do estudo, “É o mesmo que o IPCC vem dizendo há 20 anos, mas com uma certeza científica muito maior” (GUIMARÃES e FAJARDO, 2007, p.20).

Como tendência contemporânea, se está constatando que o tema de mudança do clima, já integralizado como preocupação da realidade política e econômica internacional, vem também adquirindo abrangência e repercussão nos setores industriais e empresariais de atuações regionais e locais. As necessidades atuais e a própria conscientização exigem das empresas estratégia corporativas que integrem a questão em suas políticas e processos produtivos. O Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) do Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT), em seu Manual de Capacitação sobre Mudança do Clima e Projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MCT, 2008, p.19), coloca que:

> Para além das oportunidades de caráter econômico, as mudanças globais e, em particular, os riscos associados ao crescimento da vulnerabilidade climática, induzem um aumento do compromisso e da responsabilidade corporativa com medidas de mitigação e adaptação dos processos produtivos e dos padrões de consumo.

Na medida em que cada empresa ou indivíduo sinta e assuma a sua responsabilidade por sua própria intervenção no meio ambiente, a neutralização dos GEE é uma das questões mais importantes na mitigação das emissões diretas e indiretas resultantes de sua ação. Brandão (2008, p.18) bem coloca que "a neutralização dos GEE representa atitude pró-ativa, que agregada com os interesses do poder público, da sociedade e empresas, implica na efetividade dos princípios do desenvolvimento sustentável". As empresas, em seu enquadramento no novo conceito de combate à mudança do clima, têm tomado algumas medidas na tentativa de minimizar os impactos das suas próprias emissões, através da compra de créditos de carbono e neutralizando-as, a partir do plantio de árvores, de troca por equipamentos com maior eficiência energética, entre outras. A avaliação e divulgação dessas medidas dão-se comumente através do uso de Indicadores de Sustentabilidade

Contudo, a grande maioria das ações Responsabilidade Socioambiental Empresarial (RSE) quanto a essa temática referem-se apenas às emissões diretas dos principais processos produtivos empresariais. As emissões diretas são aquelas derivadas de um processo isolado, sem considerar as emissões dos processos *upstream* e *downstream*. Os processos *upstream*, ou 'rio acima', referem-se às etapas iniciais e anteriores a determinado processo/produto na cadeia produtiva, ou seja, a extração da matéria-prima, transporte e beneficiamento desta, por exemplo. Os processos *downstream*, 'ou rio abaixo', remetem-se às etapas posteriores na cadeia de produção, exemplificadamente o transporte de um produto para seu consumo final e descarte/reciclagem do mesmo. Assim, para o exemplo de um carro movido à eletricidade (se não considerados os processos *downstream* e *upstream* de sua cadeia produtiva) as emissões diretas são nulas, visto que seu funcionamento não gera nenhuma emissão.

Todavia, haja vista que o efeito estufa sobrevém de forma global, e que as emissões de GEE contribuem para as mudanças climáticas independentemente de sua origem, deve-se levar em consideração todo o ciclo de vida produtivo, desde a energia investida na extração da matéria-prima e insumos necessários até energia investida na distribuição do produto final. Para se fazer isso, deve-se esquadrinhar todos os passos relevantes ao longo do ciclo de vida de um produto/processo produtivo, rastreando todas as atividades que emitam direta ou indiretamente GEE (FRITSCHE, 2006, p.2). O somatório dessas consiste justamente na Pegada de Carbono da empresa.

O termo 'Pegada de Carbono' significa, portanto, a quantificação das emissões totais (diretas e indiretas) dos GEE derivadas de um processo produtivo, serviços prestados e/ou aquelas embutidas no ciclo de vida de produtos finais consumidos pela empresa. Exemplificadamente, a Pegada de Carbono de um escritório administrativo resultaria na quantificação das emissões embutidas nos processos produtivos e ciclos de vida dos insumos energéticos e bens de consumo utilizados (energia elétrica, papéis, cartuchos de impressora, canetas, etc). Tal tipo de averiguação resulta no efetivo conhecimento dos impactos causados pela existência de um processo produtivo, pois seria ingênuo crer que processos produtivos administrativos não seriam responsáveis por causar nenhum dano ambiental, no caso, emissões de GEE. Entretanto, costumeiramente

a RSE quanto às alterações climáticas é apresentada apenas para os processos produtivos diretos, quando, na verdade, os demais setores empresariais (e.g. administrativo, logística e demais) utilizam insumos e produtos os quais ocasionaram uma série de emissões ao longo de seus processos produtivos *upstream* e *downstream*. A busca pela minoração destes danos, então, exige uma ação mais abrangente, sistêmica, e ocorre pela tomada de consciência, em acordo com os preceitos holísticos, cada vez mais em voga.

O conceito ‘Pegada de Carbono’ é ainda embrionário globalmente e, nacionalmente, praticamente inaudito. Pela singularidade do conceito e pouca familiaridade com o mesmo, a sugestão para utilização da Pegada de Carbono (mensuração e uso da mesma como indicador de sustentabilidade) prontamente suscita alguns questionamentos e discussões de méritos. O primeiro questionamento pode ser feito a respeito da existência e viabilidade de uma metodologia capaz de quantificar a Pegada de Carbono. Porém, tal metodologia já existe, o *software* GEMIS.

GEMIS é o acrônimo para *Global Emission Model for Integrated* Systems (Modelo de Emissões Globais para Sistemas Integrados), desenvolvido pelo Öko-Institut (*Institute for Applied Ecology*), um instituto filantrópico de pesquisas ambientais fundado em 1977 e ligado ao desenvolvimento de ferramentas em diversas frentes ambientais. O *software* congrega fatores de emissão fornecidos por instituições de renome, e foi desenvolvido para realizar cômputos completos do ciclo de vida de processos e produtos para uma variedade de emissões (GEE, Gases de efeito local, cinzas, efluentes líquidos, metais e outros), podendo determinar os insumos utilizados, analisar os custos financeiros e socioambientais envolvidos e também integrar diferentes processos, computando as compensações entre os mesmos (FRITSCHE e SCHMIDT, 2007, p.10).

Outro quesito a gerar discussão é o mérito de aplicabilidade de tal indicador. Onde seriam os limites de responsabilidade de uma atividade pelas emissões geradas ao longo de toda a cadeia produtiva na qual esta atividade estivesse inserida? Por outro lado, até onde a responsabilidade pode ser fragmentada, visto que o todo da questão é maior do que a soma das partes? Correntemente, a medição e neutralização da Pegada de Carbono não é alvo de obrigatoriedade, e sua adoção há de vir pela consciência e concórdia com os princípios da sustentabilidade e real responsabilidade ambiental, comportando-se o indivíduo/empresa/governo como parte, perante o todo global.

A finalidade desse estudo é defender a relevância da Pegada de Carbono e adoção da mesma para ser usada como Indicador de Sustentabilidade na avaliação/mensuração da RSE. Como evidência factual a servir de base para as digressões argumentativas, procurou-se realizar a quantificação (e estudo de formas de minoração) da Pegada de Carbono da Unidade Sede da empresa Petrobras S.A. em Natal. As emissões diretas da unidade dizem respeito aos veículos automotivos e as emissões indiretas são referentes aos itens consumidos, dos quais foram mensuradas as emissões da energia elétrica, do papel e dos copos plásticos descartáveis, para os quais a empresa já possui políticas, em projeto ou em andamento, de minimização das emissões geradas. Em função do porte e importância da empresa Petrobras, uma empresa líder no seu setor e reconhecida pela seriedade quanto à gestão sustentável pró-ativa, seu concernimento quanto à redução de

sua Pegada de Carbono pode servir de exemplo para outras empresas no Brasil, instruindo lições em termos de gestão e melhores práticas socioambientais.

1.1 Questão de Estudo

Esse trabalho parte da premissa de que o setor empresarial possui apreciável quinhão de responsabilidade quanto às mudanças climáticas antropogênicas. Ademais, acreditamos que uma efetiva reversão do quadro previsto das mudanças climáticas negativas só pode acontecer mediante progressiva neutralização das emissões ao longo de todas as atividades emissoras, ou seja, ao longo de toda cadeia produtiva de quaisquer processos e produtos. Assim, a questão colocada para estudo foi: Em face do contexto atual das mudanças climáticas e ante as drásticas previsões ambientais viventes, a Pegada de Carbono deve ser integrada à Responsabilidade Socioambiental Empresarial e validada como um Indicador de Sustentabilidade para a gestão das emissões de GEE?

1.2 Objetivos

1.2.1 Geral

Analisar a validação do uso da Pegada de Carbono como indicador de sustentabilidade para mensuração e avaliação da Responsabilidade Socioambiental Empresarial, no referente à questão das emissões de Gases Efeito Estufa e Mudanças Climáticas.

1.2.2 Específicos

- ✓ Estimar quantitativamente a Pegada de Carbono do setor administrativo da Unidade Sede da Petrobras S.A. em Natal;
- ✓ Demonstrar a viabilidade do *software* GEMIS como metodologia para quantificação da Pegada de Carbono;
- ✓ Analisar a efetividade das alternativas de mitigação de sua Pegada de Carbono aplicadas pela Petrobras para os itens estudados.

1.3 Hipóteses

- A Pegada de Carbono constitui-se em uma ferramenta eficaz para conhecimento da totalidade de impactos causados, devendo servir de base para a orientação das ações empresariais quanto às mudanças climáticas;
- O *software* GEMIS é viável para a mensuração da Pegada de Carbono;
- As limitações para mensuração da Pegada de Carbono ainda são muitas para permitir o uso imediato da mesma como Indicador de Sustentabilidade.

1.4 Justificativa

O tema desenvolvimento sustentável tem sido amplamente discutido desde 1987, quando o conceito foi apresentado pela primeira vez pela Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente da ONU. Nessas discussões, o setor empresarial é freqüentemente visto como fundamental na busca por uma sociedade mais sustentável. A crescente conscientização de que não é possível haver crescimento econômico e populacional infinito em um planeta de recursos naturais finitos tornou evidente a necessidade de construção de um novo modelo de desenvolvimento, o qual deve ser orientado pelas idéias sintetizadas no conceito do Desenvolvimento Sustentável: um desenvolvimento que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem a suas próprias necessidades (CMMAD, 1988).

As empresas, por sua vez, têm uma visão cada vez mais clara que o ambiente e a sociedade são regiamente importantes enquanto parte de seus intervenientes (*stakeholders*). Dessa forma, têm buscado adotar práticas de gestão e operação que atinjam não só as suas necessidades e de seus acionistas, mas as da sociedade em geral. Atitudes como essas possibilitam a preservação dos recursos que serão necessários no futuro, seja para a sustentabilidade de seus próprios negócios ou para o fomento de uma sociedade mais sustentável.

Hart e Milstein (2004, p.68) consideram que “o desenvolvimento sustentável desafia as empresas a funcionarem de uma maneira transparente, responsável, tendo em vista a existência de uma bem informada e ativa base de *stakeholders*”. Este é um processo cíclico, ou espiralar (à medida que cada ciclo é mais abrangente), em que os *stakeholders* cada vez mais aclarados e conscientes, cobram desempenhos ainda melhores. Dessa forma, as respostas das empresas devem ser cada vez mais sustentáveis quantitativa e qualitativamente, da mesma forma que suas responsabilidades socioambientais devem cingir, mais e mais, searas mais longínquas. Isso pode ser antevisto na seara das mudanças climáticas, pois que as alarmantes previsões climáticas globais indicam que essas cobranças irão aumentar, sendo tais cobranças tanto externas – dos *stakeholders* e mercado -, como internas – pela conscientização das empresas, enquanto pessoas que as fazem.

Quanto às cobranças externas, as atividades inerentes à indústria de energia já estão sujeitas a diversas leis e exigências de licenciamento relativas à segurança e preservação do meio ambiente. Como exemplo, no Brasil, a Petrobras está sujeita a sanções civis, criminais e administrativas elevadíssimas em caso de inobservância da regulamentação ambiental que, entre outras coisas, limita ou proíbe emissões ou derramamentos de substâncias tóxicas. As alarmantes previsões climáticas globais em meio ao aumento de importância da sustentabilidade nos mecanismos de controle indicam que a legislação irá se tornar mais rígida. Apesar de ainda existir carência de legislação que obrigue as empresas a fornecer informações no que diz respeito às emissões de GEE, esta pode ser sanada no futuro (NAE, 2005b), justificando-se, assim, a construção prévia de metodologia para inventariar e neutralizar as emissões como importante estratégia de preparação ante o cenário suposto. Tais ponderações nos levam a cogitar a real possibilidade de a Responsabilidade Empresarial chegar a abarcar a Pegada de Carbono empresarial, o que demandará um aumento de investimentos na área de quantificação e mitigação/neutralização de emissões. Se hoje, já se procura aferir as emissões diretas dos processos, é bem plausível no futuro que se busque quantificar e redimir todas as emissões motivadas pela existência de determinado processo produtivo.

Considerando as cobranças internas, a conexão de uma empresa ao elevado objetivo de praticar a sustentabilidade é melhor demonstrada pela busca em se mitigar ao máximo as emissões de GEE relacionadas aos seus produtos e processos. A fim de se verificar o 'máximo' possível, deve-se inicialmente quantificar as emissões totais devidas à existência da empresa, tanto as emissões diretas quanto as indiretas. Tais emissões são referentes aos produtos consumidos pela empresa, cujos ciclos de vida (e, portanto, ciclo de emissões) terminam na empresa, visto ser esta responsável por seu destino final. Tal inventário de emissões representa a Pegada de Carbono, termo recente, e praticamente inaudito no setor empresarial, que tende a agregar importância face às perspectivas e previsões ambientais futuras.

A busca empresarial pela redução de sua Pegada de Carbono é a melhor demonstração da conscientização de seus gestores ante ao contexto real do Aquecimento Global. A Pegada de Carbono surge como importante proposta (e oportunidade) diante da parca ação para retração das alterações climáticas, apesar de tanto conhecimento relacionado. A Pegada de Carbono, mais que qualquer outro método ou conceito, tem sido capaz de chamar a atenção do público. Existe uma vasta abundância de sítios na *internet* (alguns patrocinados pelos governos) para cálculo da Pegada de Carbono individual e que sugerem medidas de minoração das emissões. A Pegada de Carbono possui o potencial de ser uma boa alavanca para aumentar a atenção dos consumidores e cidadãos e fomentar discussões quanto aos impactos socioambientais de produtos e processo produtivos, além de facilitar a difusão do pensamento holístico pela análise do ciclo de vida (WEIDEMA, 2008, p.4).

Este pensamento holístico justifica-se por ser o "global" mais que o "contexto", ou seja, o todo mais que as partes. O todo tem qualidades ou propriedades que não são encontradas nas partes - se estas estiverem isoladas umas das outras -, e certas qualidades ou propriedades das partes podem ser inibidas pelas restrições provenientes

do todo. É preciso efetivamente recompor o todo para conhecer as partes (MORIN, 2000, p.37). Isso visto, somos levados a compreender, portanto, que a busca pela redução, e mesmo neutralização, das emissões diretas das partes apenas não é capaz de solver a questão das mudanças climáticas. Bem intuiu Pascal[1] (1976 *apud* MORIN, 2000, p.37):

> Sendo todas as coisas causadas e causadoras, ajudadas ou ajudantes, mediatas e imediatas, e sustentando-se todas por um elo natural e insensível que une as mais distantes e as mais diferentes, considero ser impossível conhecer as partes sem conhecer o todo, tampouco conhecer o todo sem conhecer particularmente as partes.

Mostra-se imperativo, portanto, que os líderes dos setores produtivos conscientizem-se dessa causa. De tal forma, a defesa pelo concernimento com a Pegada de Carbono possui como intuito, sobretudo, ilustrar à mente dos gestores empresariais a necessidade de transigir ante o contexto real e imediato, e promover a contemporização das empresas enquanto intervenientes da construção verdadeira e prática do conceito sustentabilidade.

É preciso deixar bem claro, o mais possível, que o conceito da Pegada de Carbono é ainda embrionário, e que, por isso, atualmente não existe qualquer obrigatoriedade quanto à mensuração da Pegada de Carbono e tomada de providências. Além disso, a empresa não teria que se responsabilizar pela compensação das emissões de toda a cadeia produtiva referente a seus processos, mas sim adotar atitudes como, por exemplo, critérios de escolha de fornecedores que cerquem tal concernimento. Os argumentos expostos são orientados na direção da pro-atividade, pois se antes as atitudes empresarias eram tomadas pelas necessidades que se apresentam segundo um modelo corretivo, hoje existe a necessidade de preparação/planejamento para as necessidades antevistas e prováveis.

Vê-se que o embrião está se desenvolvendo, pois diversos estudos científicos já abarcam a Pegada de Carbono como ferramenta para se buscar a melhoria das atitudes produtivas ante às mudanças climáticas. Conjuntamente a isso, o contexto sócio-político-econômico sugere que é preciso iniciar a familiarização com o conceito e formas de se trabalhar seus efeitos para que as empresas estejam preparadas para evitarem impactos financeiros negativos no futuro – por sanções legislativas e deslocamento de recursos previstos para outros investimentos estratégicos –, além dos danos de imagem - os quais são significativos e de difícil reversão.

Nota-se, por tudo isso, que a redução da Pegada de Carbono empresarial acarreta significativos benefícios. Primeiramente, constitui-se em um ganho ambiental significativo, propiciando uma gestão mais eficiente do consumo de itens, menos onerosa ambientalmente e, muitas vezes, financeiramente também. Proporciona também, já de agora, um ganho de imagem expressivo pela demonstração de ousadia, visão e real

[1] PASCAL, *Pensées* (texto estabelecido por Leon Brunschwicg). Ed. Garnier-Flammarion, Paris, 1976.

comprometimento com a questão da reversão dos efeitos negativos das mudanças climáticas.

Ademais, tendo em conta que, a fim de embasar a defesa do intuito maior – o uso da Pegada de Carbono como indicador de sustentabilidade –, se aplicará uma metodologia para inventariar a Pegada de Carbono. Epistemologicamente, o estudo proposto justifica-se, também, pela sujeição de um método à validação, no processo de busca por segurança e confiabilidade dos conhecimentos atinentes.

Em vista do arrazoado, em termos produtivos e competitivos, a preocupação empresarial com sua Pegada de Carbono e formas de mitigá-la se constitui como um passo à frente das demais, em respeito a seu comportamento socioambiental e a sua própria imagem. Haja vista ser o tema recente, praticamente inaudito, necessita-se primeiramente da disposição da própria empresa a fim de poder reunir os subsídios necessários para responder a questão proposta. Tal aceitação demanda um criterioso ímpeto e pode provir de empresas comprometidas com a sustentabilidade, pro-atividade e superação de desafios.

1.5 Estrutura da Dissertação

Esta dissertação está dividida em sete capítulos, incluindo este capítulo 1, ‘Introdução’, em que são apresentados: a contextualização do objeto de investigação, a questão motivadora do estudo, os objetivos (geral e específicos), as hipóteses a serem investigadas e ao fim validadas ou não, e a justificativa para feitura da pesquisa.

Subsequentemente, o capítulo 2, ‘Referencial teórico’, minudencia a abordagem teórica-conceitual pesquisado a servir de embasamento para o estudo, contendo as digressões informativas, contextualizadoras e ilustrativas a respeito dos temas: Gases Efeito Estufa, mudanças climáticas e alternativas potenciais de reversão das alterações no sistema climático; Responsabilidade Socioambiental Empresarial ante às mudanças climáticas, nos cenários mundial e da empresa Petrobras; Indicadores de sustentabilidade; Pegada de Carbono; e o uso da Pegada de Carbono como um indicador de sustentabilidade.

O capítulo 3, ‘Metodologia’, contém os procedimentos metodológicos seguidos para execução da dissertação, delineando a caracterização da pesquisa, os procedimentos metodológicos seguidos, o escopo da pesquisa e as formas de quantificação da Pegada de Carbono, detalhando as premissas e o funcionamento do *software* GEMIS 4.6.

O capítulo 4, ‘Resultados e Discussões’, apresenta os resultados e discorrimentos quanto à mensuração da Pegada de Carbono da unidade sede da Petrobras em Natal para os itens: emissões veiculares, energia elétrica (kWh), papel *offset* (folhas A4) e copos plásticos descartáveis consumidos (poliestireno), tanto separadamente, quanto de forma compilada.

No capítulo 5, ‘Conclusões’, estão as ilações e considerações finais a respeito do estudo, resultados encontrados e suas implicações teóricas e práticas. Buscamos

responder nesse capítulo às indagações proeminentes a respeito do tema e encontradas na literatura científica correlata.

O capítulo 6, ‘Perspectivas’, diz respeito às recomendações de continuidade de estudos inerentes. O capítulo 7, ‘Referências’, lista as referências pesquisadas e consultadas para a execução do presente trabalho. Ao final, estão três anexos. O Anexo I contém os princípios éticos da empresa Petrobras S.A.. O Anexo II abrange um projeto de lei visando a instituir um selo de neutralidade em emissão de carbono para as empresas localizadas no âmbito do Estado do Rio Grande do Norte. O Anexo III compreende as etapas ‘do berço ao túmulo’ da cadeia produtiva do papel *offset* estabelecidas como fronteira para aferição das emissões de GEE diretas e indiretas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Os Gases Efeito Estufa e as Alterações Climáticas

A compreensão do que são os Gases Efeito Estufa (GEE), e posteriormente de suas implicações nas mudanças climáticas, requer a prévia exploração de alguns conceitos como efeito estufa, clima e outros destes decorrentes. As demarcações conceituais descritas foram fundamentadas nas revisões bibliográficas do MCT (2008) e do IPCC (2007b).

Uma estufa é um recinto que proporciona uma concentração de energia calorífica por ser recoberto por paredes e teto de materiais transparentes – translúcidos à passagem de energia na forma de radiação ultravioleta e opacos à saída da energia convertida em calor, forma de radiação no espectro infravermelho. Assim, traduzindo a sublime sabedoria da natureza em um feito de engenharia, uma estufa é um artifício da inteligência humana para permitir estender o período agrícola (ou a diversidade de cultivares) especialmente em climas mais frios: as mudas são criadas em estufas até que a temperatura externa seja suficiente para permiti-lo ao ar livre. Notavelmente, o planeta Terra comporta-se como uma estufa natural, pois que há gases (GEE) na atmosfera, transparentes à radiação visível do Sol e que não permitem, ainda que parcialmente, a passagem de volta da radiação infravermelha. Essa característica é essencial para a vida como a conhecemos em nosso planeta. De forma a intuir tal relevo, o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) do Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT) (MCT, 2008, p.27) registra que “se não fosse o efeito estufa natural, a temperatura média da superfície da Terra seria de cerca de 33ºC inferiores ao que realmente é”.

A Terra é um astro sem fonte interna de energia e tal comportamento de estufa é explicado pelas Leis Termodinâmicas, as quais motivam a busca pelo equilíbrio energético (nesse caso, radioativo). Assim, a energia na forma de radiação eletromagnética emitida pela superfície do Sol que atravessa nossa atmosfera e aquece a superfície do planeta é compensada pela emissão de radiação infravermelha da superfície e da atmosfera, responsável por ‘esfriar’ a Terra. De acordo com o MCT (2008, p.26), a explicação física deste fenômeno da diminuição da freqüência energética da radiação (do ultravioleta para o infravermelho) consiste em que:

> A superfície do Sol está a cerca de 6000 K ou 5727 ºC [...]. A freqüência da radiação eletromagnética emitida por um corpo depende de sua temperatura – quanto mais quente maior a freqüência ou menor o comprimento de onda. A radiação emitida pelo Sol tem um espectro com o máximo no comprimento de onda correspondente ao espectro visível, da cor verde. A radiação emitida pela Terra, a uma temperatura de cerca de 300 K, tem um comprimento de onda correspondente ao espectro infravermelho. Embora invisível para nossos olhos, essa radiação pode ser sentida na forma de calor. É conhecido o fato de que as noites de

> inverno, quando o céu está sem nuvens, são mais frias do que quando há nuvens – porque o céu limpo permite a passagem da radiação infravermelha e, portanto, há um maior resfriamento da superfície da Terra.

A atmosfera em seus padrões de circulação e comportamento é uma das principais forças motoras caracterizadoras das circunstâncias climáticas. Em grande parte, a evolução do estado da atmosfera é ditada pelos oceanos. A influência é mútua, pois os ventos provocam movimentos e alterações de temperatura nas águas oceânicas superficiais, as quais, em interações com as águas mais profundas, influenciam a atmosfera pela temperatura da superfície, que determina a evaporação de suas águas. No longo prazo, o comportamento da atmosfera é também determinado por sua interação com a biosfera[2], através dos ciclos biogeoquímicos, que são a base do funcionamento dos sistemas naturais do planeta. Outras interações entre biosfera e atmosfera dizem respeito ao atrito diferenciado do vento, havendo maior ou menor resistência oferecida pela superfície a depender de sua rugosidade, sendo maior, por exemplo, para uma floresta do que para um deserto. Também a liberação de vapor d’água dos seres vivos para a atmosfera é variável de acordo com a cobertura vegetal. Um outro fator correlacionado é o albedo (refletividade da superfície), o qual depende do tipo de cobertura do solo: muito alta para uma cobertura de neve ou gelo e mais baixa para diferentes tipos de vegetação.

Todo esse delicado e complexo sistema termodinâmico resulta em implicações das mais primordialmente importantes para a existência e manutenção das condições permissivas à existência da vida na Terra. Em sentido prático, o conceito de clima refere-se às estatísticas das variáveis que descrevem o estado instantâneo da atmosfera. Normalmente, essas variáveis são a temperatura, a pressão, o vento, a concentração de vapor d’água, de água líquida e de água sólida. Contudo, para uma melhor compreensão das implicações das emissões dos GEE, faz-se necessário acrescentar o entendimento de que o clima é resultante da correlação de um conjunto de fatores, sendo esta decorrente da interação entre a influência do recebimento da energia solar pela Terra, através das emissões radioativas, e outros movimentos de ordem superior (como os movimentos planetários - rotação, translação, precessão, nutação, excentricidade, dentre outros), com as características ambientais, geológicas, e geofísicas intrínsecas do planeta (forma geométrica, constituição, ciclos biogeoquímicos e outras). De modo a exemplificar, consta no manual do MCT (2008, p.26), que:

> Tanto a energia do Sol quanto a perda de energia da superfície da Terra por radiação infravermelha, distribuída pelo planeta não uniformemente, aquecem alguns locais – os trópicos – mais do que outros – os pólos. O ar mais quente se expande e tende a mover-se para os locais mais frios, em conjunto com o movimento de rotação da Terra, que introduz fatores de

---

[2] Conjunto de todos os seres vivos do planeta e de suas relações ecológicas (RICKLEFS, 2003, p.2).

> inércia no sistema, pelo qual, gera-se todo o complexo de movimento da atmosfera, que obedece a leis físicas conhecidas. Cada vez mais é possível fazer previsões acuradas desse movimento, usando-se supercomputadores que integram numericamente as equações diferenciais correspondentes às leis físicas.

Entretanto, tais acuradas previsões só podem ser feitas a partir de um momento, pois que o entendimento das leis físicas não permite a previsão dos fenômenos, visto que o clima é um sistema dinâmico, dito caótico - o que não significa que a sua evolução seja aleatória, mas que obedece a leis que tornam o sistema excessivamente sensível às condições iniciais. O sistema climático apresenta não-linearidades internas que lhe conferem essa característica. A título de analogia, o sistema climático do globo pode ser comparado a uma panela contendo um líquido sobre um fogão. O movimento do líquido, que advém do aquecimento da chama do fogão, pode ser previsto em grande medida, por seguir leis conhecidas, porém, os detalhes são imprevisíveis. Resumindo, caracterizar o sistema climático como caótico significa dizer, portanto, que parte de seu comportamento é imprevisível, embora sua evolução seja perfeitamente previsível na média.

A questão central desta teorização se refere justamente à preocupação com a mudança do clima decorrente das concentrações de GEE e aerossóis (partículas de poeira, material particulado decorrente da poluição e eventos naturais como erupções vulcânicas) na atmosfera, as quais vêm aumentando e provocando uma dilatação observável nas temperaturas médias globais (já que o efeito estufa do planeta torna-se mais pronunciado) além de outras mudanças no clima global. Tal ascensão do teor de GEE e partículas na atmosfera é causada, primeiramente, pela queima de combustíveis fósseis, que liberam GEE como o CO_2 (‘carbono marrom’) e material particulado (‘carbono negro’); em segundo lugar, pelas emissões provenientes do desmatamento, queimadas e agricultura, incluindo aquelas oriundas da agropecuária; e em terceiro lugar, pela capacidade reduzida dos ecossistemas naturais de sequestrarem e armazenarem carbono através da fotossíntese (‘carbono verde’) (UNEP, 2009, p.15).

Fisicamente, a absorção de radiação infravermelha pelos GEE ocorre porque a radiação nessa faixa do espectro excita o modo de vibração das moléculas. Essa absorção não ocorre para moléculas que não possuam dipolo elétrico[3], como nos casos dos gases raros (e.g. hélio, neônio e argônio), existentes na atmosfera na forma de moléculas monoatômicas, e tampouco no caso de moléculas diatômicas, como os nitrogênio e oxigênio moleculares (N_2 e O_2, respectivamente), visto que os dois átomos são idênticos e, portanto, não geram dipolo elétrico. No mais, todos os outros gases são categorizados como GEE.

Contudo, apenas alguns destes GEE possuem relevância como contribuintes ao incremento no efeito estufa e causadores das alterações climáticas. Isto primordialmente porque a maior parte dos GEE possui suas concentrações definidas por um equilíbrio

[3] Consiste de um par de cargas de mesmo valor e sinais contrários, separadas por uma distância ‘d’.

entre as interações físico-químicas e pelos ciclos biogeoquímicos[4] e, logo não provocariam alterações adversas à naturalidade. Os GEE determinantes das mudanças climáticas são precisamente aqueles que possuem as suas concentrações naturais influenciadas e majoradas por atividade antropogênicas, sendo esses o Dióxido de Carbono (CO_2), Metano (CH_4) e Óxido Nitroso (N_2O), principalmente, e alguns outros gases industriais, como os Clorofluorcarbonos (CFCs), Hidrofluorcarbonos (HFCs), Perfluorcarbonos (PFCs) e Hexafluoreto de Enxofre (SF_6) (Figura 1). Por conseguinte, cabe ressalvar que termo GEE nesta dissertação se remete precisamente aos gases supracitados[5], para os quais segue uma breve descrição.

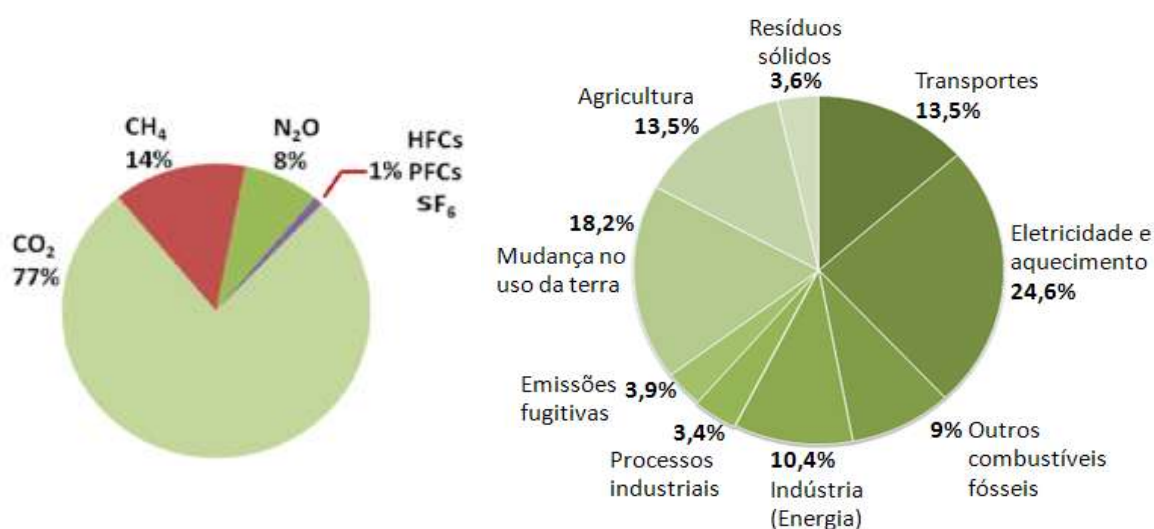



Figura 1 - Emissões antropogênicas percentuais de GEE atuais, por tipo de gás e atividade. Fonte: UNEP (2009a, p.17)

O Dióxido de Carbono (CO_2), popularmente conhecido como Gás Carbônico, é um gás que ocorre naturalmente na atmosfera e participa dos ciclos biológicos da maioria dos seres vivos. O carbono, átomo integrante do gás, constitui-se no elemento químico fundamental à formação dos compostos orgânicos e possui um intenso ciclo biogeoquímico, o que promove a rápida formação e dispersão do CO_2. O CO_2 é o GEE mais emitido por atividades antrópicas, sendo estas decorrentes da queima de combustíveis fósseis, seja em transporte veicular ou na geração de termoeletricidade, da redução das áreas florestadas, da queima de biomassa não renovável e de processos de produção industriais como cimento, entre outros.

---

[4] Processos de constante reciclagem dos elementos químicos essenciais à vida biológica, físicas e químicamente.

[5] Muitos gases minoritários, porém importantes como poluentes atmosféricos locais, são também desprezados quando se examina a mudança do clima porque apresentam uma grande reatividade química e, portanto, uma vez emitidos para a atmosfera, desaparecem rapidamente como resultado de reações químicas. É o caso, por exemplo, de poluentes como o monóxido de carbono, os óxidos ímpares de nitrogênio (NO e NO_2, ou NO_x) e o dióxido de enxofre (SO_2) (MCT, 2008, p.28).

Desde a Revolução Industrial, as concentrações de CO_2 atmosférico vêm sendo enormemente alteradas, avaliando-se o montante das alterações antrópicas no ciclo biogeoquímico do carbono para a primeira metade da década de 1990 (Figura 2). Na figura, as setas indicam a magnitude média de perturbação nos fluxos de carbono e o destino do carbono resultante dessas atividades. Os valores das setas de fluxo líquido (pretas) e de fluxo bruto (setas verdes) estão em bilhões de toneladas de carbono por ano. As adições anuais de carbono à rede (números positivos) para a atmosfera, subsistemas oceânicos e sistemas terrestres a partir de fontes antropogênicas estão em bilhões de toneladas de carbono por ano. O tamanho dos reservatórios (círculos) é mostrado em bilhões de toneladas de carbono. A magnitude dessas alterações acarreta drásticas mudanças ambientais, posteriormente avaliadas neste estudo. As formas de remoção do CO_2 da atmosfera caracterizam o 'sequestro de carbono', constituindo-se na reintegralização deste à matéria orgânica vegetal viva, através dos reflorestamentos e novos plantios/criação de florestas, ou alternativas como a sua introdução em reservatórios depletados através de poços de produção de petróleo e gás desativados.

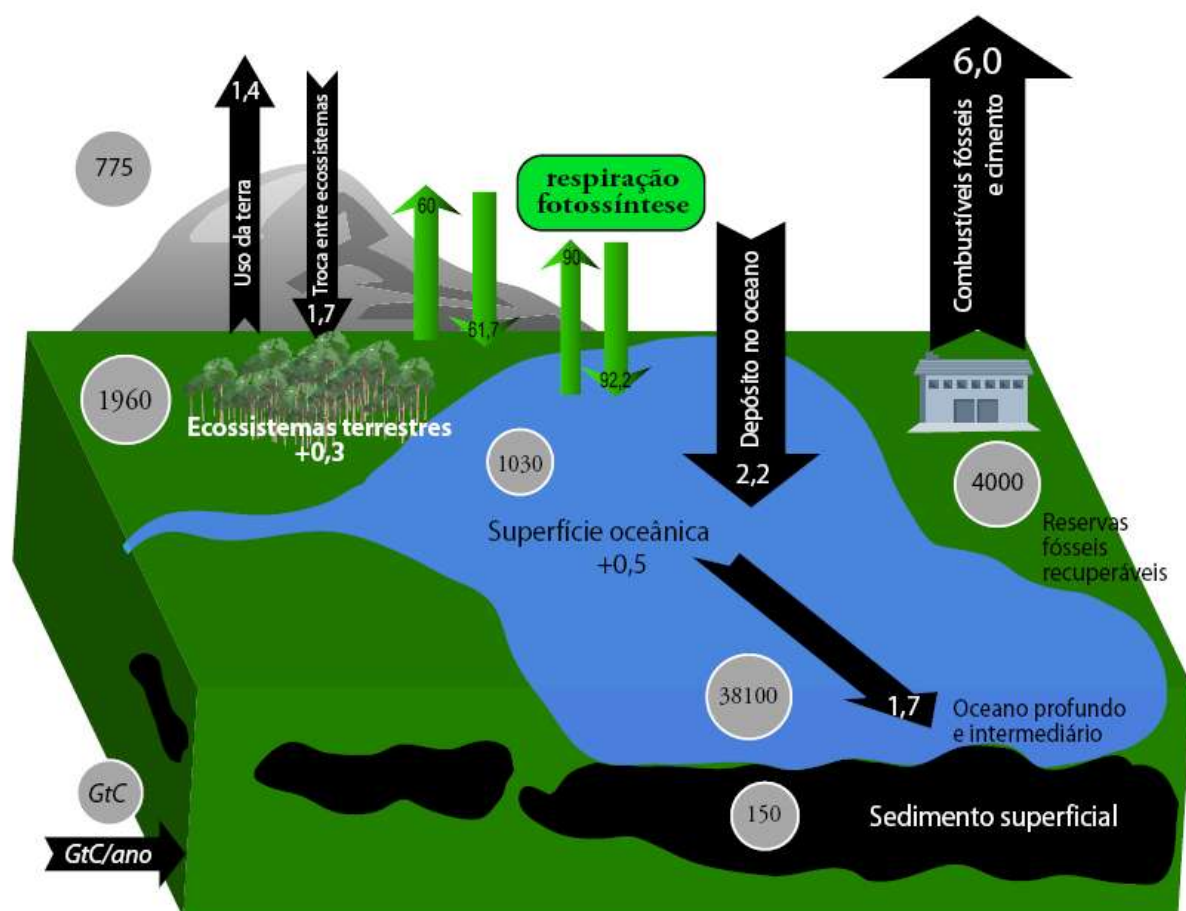



Figura 2 - Alterações antropogênicas no ciclo do carbono (GtC/ano).
Fonte: IPCC (modificado por Martins, 2005, p.17).

O Metano (CH_4) é também um GEE que possui emissão natural como sub-produto metabólico de seres vivos em terras alagadas, cupinzeiros, oceanos e hidratos. O CH_4 recebe certo destaque dentre os GEE porque, além de ser o segundo em quantidade de emissões, possui maior poder de retenção da radiação infra-vermelha, quando comparado ao CO_2. As emissões antropogênicas resultam basicamente da produção e da distribuição de gás natural e petróleo, ou como subproduto da mineração do carvão e da queima incompleta dos combustíveis fósseis. Outra fonte de emissão é a decomposição anaeróbia de matéria orgânica (*e.g.* cultivo de arroz alagado, fermentação entérica e decomposição de dejetos de animais), bem como o aterramento de resíduos sólidos urbanos e o tratamento de efluentes orgânicos por sistemas anaeróbios. Desse montante, cerca de 50% do CH_4 emitido para a atmosfera é de origem antrópica, a qual representa quase 9,5% do total das emissões de GEE. A principal forma de remoção do metano da atmosfera se dá pela sua reação com o radical hidroxila (OH) (DUBEUX, 2007, p. 39).

O Óxido Nitroso (N_2O) naturalmente faz parte do ciclo biogeoquímico do nitrogênio, o qual possui importantes interações entre os seres vivos e a atmosfera. As emissões naturais de N_2O procedem da reciclagem do nitrogênio fixado nas estruturas orgânicas, quando as plantas ou animais morrem ou eliminam partes e dejetos. As emissões antropogênicas são provenientes da utilização de fertilizantes nitrogenados na agricultura (havendo mais geração quando do mau uso ou excesso deste), da manufatura de ácido adípico (matéria-prima para a fabricação de nylon), da combustão para a geração de energia termelétrica e do transporte rodoviário (DUBEUX, 2007, p.40-42). Outra fonte de N_2O é o excremento de rebanhos e de esgotos urbanos em geral em razão do conteúdo de nitrogênio na alimentação. O N_2O é um poderoso GEE, sendo o terceiro GEE mais potente, além de uma substância destruidora da camada de ozônio. É primordialmente removido da atmosfera pela ação fotolítica da luz solar na estratosfera resultando em N_2 e um átomo de oxigênio (DUBEUX, 2007, p.42).

Os Hidrofluorcarbonos – HFCs (CCl_2F_2 e $CHClF_2$), Perfluorcarbonos – PFCs (CF_4) e Hexafluoreto de Enxofre (SF_6), de origem industrial (usados principalmente como agentes refrigeradores, em solventes e em aerossóis), são GEE bem mais potentes. O SF_6, por exemplo, é 23.900 vezes mais potente que o CO_2. Porém, por possuírem concentração ínfima em comparação aos anteriores, a contabilização de suas emissões é pouco expressiva e realizada apenas para processos industriais específicos. Outro grupo de gases industriais de mesmo efeito são os Clorofluorcarbonos (CFCs). Porém, estes não são contemplados pelo Protocolo de Quioto, por já serem alvo do Protocolo de Montreal[6] (SCARPINELLA, 2002, p.47-48). Há ainda outros GEE inúmeros, mas ínfimos em concentração atmosférica.

Assim, como os GEE são distintos por possuírem tanto potenciais de aquecimento quanto concentrações atmosféricas diferentes, o poder de ação diferenciado destes gases é representado pela estimativa do Potencial de Aquecimento Global - GWP (*Global Warming Power*) associado a cada um deles (Tabela 1) ocorrendo o mesmo com os

---

[6] O Protocolo de Montreal, adotado em 1987, trata de substâncias que destroem a Camada de Ozônio, a saber os CFCs, Halogênio (Brometo, Cloreto e Iodeto) Tetraclorometano, HCFCs, HBFCs, Brometo de Metila e Metilclorofórmio (SCARPINELLA, 2002, p.102).

outros fatores que afetam o balanço da radiação: os aerossóis, a variação da refletividade da superfície (albedo), a variabilidade solar, os vulcões e a variação do ozônio na estratosfera (MCT, 2008, p.37).

Tabela 1 - Concentrações, GWP e leniência dos principais GEE. Fonte: IPCC, 2007a.

GEE	GWP	Concentrações (ppbv)			% GWP[a]	Leniência[b] (anos)
		pré-industrial	Em 2007	% atual		
CO_2	1	278000	383000	99,45941084	73,37	Variável
CH_4	21	700	1770	0,45964271	7,12	12
N_2O	310	270	311	0,08076208	18,47	120
CCl_2F_2	8100	0	0,503	0,00013062	0,78	102
$CHClF_2$	1500	0	0,105	0,00002727	0,03	12
CF_4	6500	0	0,070	0,00001818	0,09	50000
SF_6	23900	0	0,032	0,00000831	0,15	3200

[a] %atual x GWP
[b] Tempo de permanência na atmosfera

Os dados compilados pelo IPCC permitem verificar que o CO_2 possui concentração consideravelmente maior que os demais GEE, como também possui percentualmente (73,37%) o maior potencial de causar alterações climáticas. Assim, o CO_2 é o maior responsável pelas mudanças climáticas, o que faz com que o mesmo seja usado como referência, inclusive para estimar a equivalência de emissões (MCT, 2008, p. 37-38), por isso seu valor é 1 por definição e os outros valores baseados nele (Quadro 1). A GWP é expressa em termos de toneladas de dióxido de carbono equivalente de 100 anos. A equivalência é obtida pela estimativa do valor relativo do total de energia de aquecimento resultante da emissão de uma tonelada de um gás e de uma tonelada de dióxido de carbono, cem anos após a emissão (MCT, 2008, p.41). É observável que alguns GEE têm um efeito, por molécula, significativamente maior do que aquele do CO_2. Entretanto, a emissão de dióxido de carbono e, em conseqüência, o aumento de sua concentração são muito maiores em comparação aos outros gases.

Quadro 1 – Potencial de Aquecimento Global (GWP) dos principais GEE expresso em tCO_2eq com leniência de 100 anos . Fonte: IPCC (2001).

CO_2 = 1 (por definição)
CH_4 = 21
N_2O = 310

Portanto, os CO_2, CH_4 e N_2O são considerados os principais GEE por perfazerem 99,05% do potencial para alterarem as condições climáticas, enquanto os demais GEE, apesar de seus elevados GWP, respondem todos juntos por apenas 0,95% desse potencial. A partir do arrazoado é que se deu origem também à unidade 'Dióxido de Carbono equivalente' (CO_2eq), que expressa as emissões dos GEE já parametrizadas para a GWP dos principais GEE (CO_2, CH_4 e N_2O). A unidade CO_2eq, com base no GWP dos GEE teve origem por definição do MDL em função da necessidade de expressar em uma só unidade as emissões dos GEE. Cabe o adendo de que os materiais particulados, que também contribuem para o incremento do aquecimento global, não estão incluídos, por possuírem tempo curto de permanência na atmosfera (de dias a semanas) e, assim, exercerem efeito apenas a prazo imediato.

Quanto à leniência, dentre esses três GEE principais, o CO_2 também possui o maior tempo de permanência na atmosfera, reforçando seu uso como denominador de uma unidade comum para os GEE. Isso porque o CH_4 emitido pelo homem desaparece com um decaimento exponencial em uma escala de tempo de 11 anos, e o N_2O em 114 anos. Já o CO_2 começa a retornar à sua concentração normal rapidamente no início (devido à absorção do mesmo nos processos de fotossíntese), mas esse decaimento torna-se mais lento com o tempo, de forma que uma fração da ordem de 15 a 20% do CO_2 antropogênico pode tardar alguns milhares de anos para ser removida da atmosfera (MCT, 2008, p.40). A reiteração de sua concentração atmosférica ao normal corresponde justamente à chamada leniência (Figura 3).

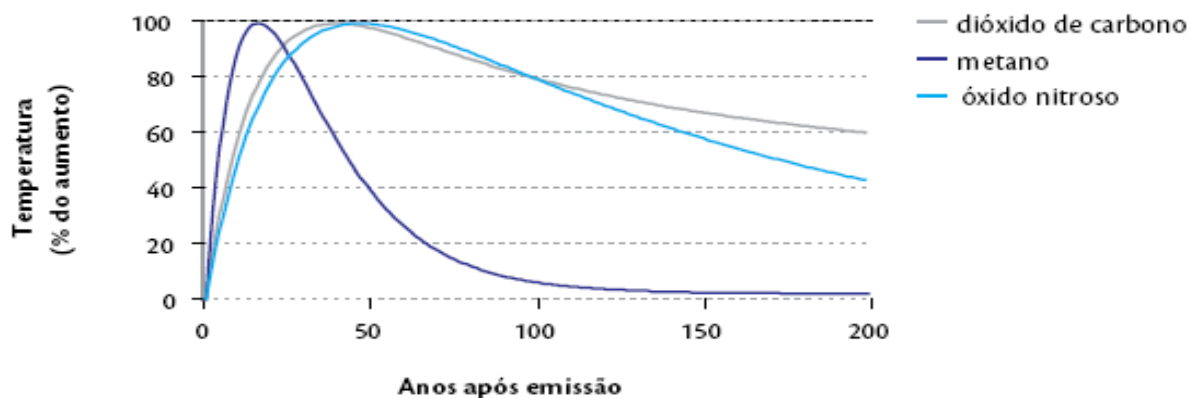



Figura 3 - Leniência dos GEE na atmosfera após emissão, em anos. Fonte: MCT (2008, p.41).

Em suma, o GWP baseia-se na relativa importância dos GEE em relação ao dióxido de carbono, em termos da produção de uma quantidade de energia (por área unitária) vários anos após um impulso de emissão. É uma opção de agregar as emissões de GEE relatadas, com o uso do GWP em um horizonte de tempo de 100 anos. Embora apresente a vantagem de ser um eficiente indicador que permita comparações entre fontes/atividades emissoras, a unidade CO_2eq deve ser utilizada com cautela. No caso do planejamento e aplicação de políticas e ações de mitigação e neutralização das emissões,

deve-se destrinchar a contribuição relativa dos diferentes GEE envolvidos para uma efetividade da tomada de decisões (MCT, 2009, p.14).

Diante de tais conhecimentos e face às notórias variações climáticas ocorrentes, precipuamente os cientistas tiveram de solucionar uma dificuldade quanto à comprovação fatídica das alterações climáticas. O MCT (2008, p.31) coloca que essa dificuldade na detecção da mudança do clima está no próprio método científico usual, descrito por Karl Popper[7] e René Descartes[8], pois que os mesmos postulam que, segundo a lógica aplicável à exploração das leis da natureza, o experimento ideal para testar a hipótese de que há uma mudança do clima como resultado do aumento da concentração de GEE na atmosfera consistiria em observar, por exemplo, durante cem anos, o clima de dois planetas no laboratório, idênticos em tudo, exceto no fato de que, em um deles, a concentração daqueles gases seria aumentada. Frente à impossibilidade do feito, aos cientistas resta a simulação do clima por modelos que, por sua vez, são validados com dados observados. Portanto, os modelos (e.g. GEMIS) constituem parte integrante das considerações da mudança climática.

É importante ressaltar que por mudança climática estão relatadas somente as variações causadoras de efeitos negativos, e advindas das implicações do aumento nas emissões dos GEE. Segundo a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC), em seu Artigo 1-1, são efeitos negativos da mudança do clima:

> as mudanças no meio ambiente físico ou biota resultantes da mudança do clima que tenham efeitos deletérios significativos sobre a composição, resiliência ou produtividade de ecossistemas naturais e administrados, sobre o funcionamento de sistemas socioeconômicos ou sobre a saúde e o bem-estar humanos.

O IPCC, em seu Quarto Relatório de Avaliação (2007b, p.3), firmou uma significativa contribuição ao descrever os avanços feitos na compreensão dos fatores humanos e naturais que causam a mudança do clima, “[...] por meio da melhoria e da ampliação dos numerosos conjuntos de dados e das análises dos dados, de uma cobertura geográfica mais ampla, de uma melhor compreensão das incertezas e de uma maior variedade de medições”. As previsões são baseadas em um número maior de modelos do clima, de crescente complexidade e realismo, bem como em novas informações acerca da natureza dos processos de realimentação do ciclo do carbono, demonstrando as observações da mudança do clima e as estimativas para o futuro, além de incorporar novas descobertas dos últimos seis anos de pesquisa.

Abaixo, está graficamente demonstrado o aumento das concentrações atmosféricas globais de dióxido de carbono, metano e óxido nitroso, ao longo dos últimos 10.000 anos (painéis grandes) e desde 1750 (painéis inseridos) (Figura 4). Esses dados foram determinados com base em testemunhos de gelo de milhares de anos. Os símbolos

---

[7] POPPER, KARL. A Lógica da Descoberta Científica, 1934

[8] DESCARTES, René. Discurso sobre o Método, 1637.

com diferentes cores caracterizam diferentes estudos e as linhas vermelhas, as amostras atmosféricas. O IPCC (2007b, p. 3) conclui que a variação acentuada a partir de 1750 é conseqüência da industrialização das atividades humanas, e que os aumentos globais das concentrações decorreriam principalmente do uso de combustíveis fósseis e mudança no uso da terra, para o CO_2, e da agricultura, para os CH_4 e N_2O.

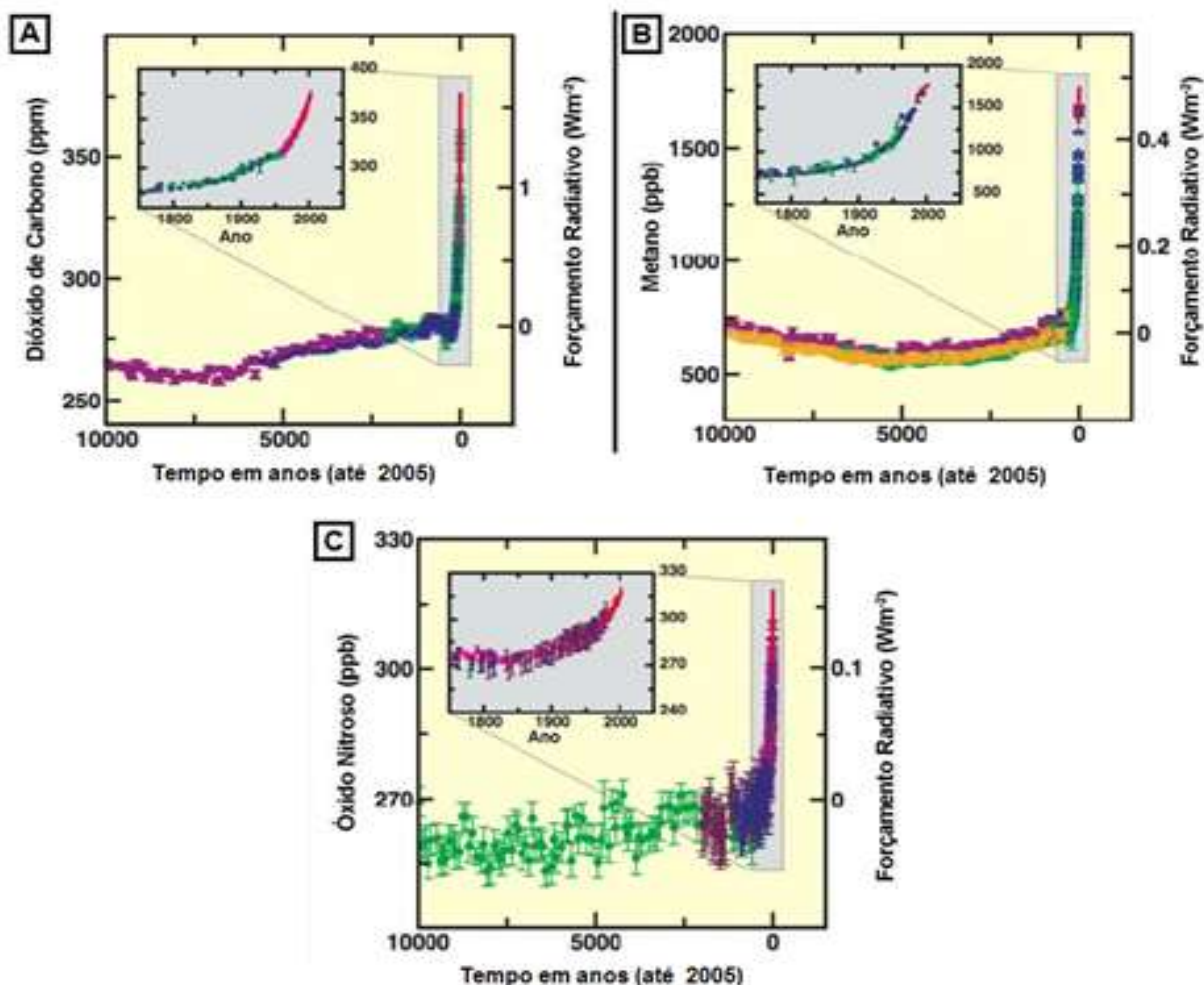



Figura 4 - Mudanças nas concentrações dos GEE a partir de dados de testemunho de gelo e dados modernos de forçamento radioativo. Fonte: IPCC (2007b, p.4).

O aumento das concentrações atmosféricas globais dos gases CO_2, CH_4 e N_2O de 1750 a 2005 foram de, respectivamente, 135% (de 280 ppm para 379 ppm), 248% (de 715 ppb para 1774 ppb) e 117% (de 270 ppb para 316 ppb) (IPCC, 2007b, p.5). Esses dados permitem que se faça uma clara associação entre o advento da revolução industrial (e o crescimento acelerado e excessivo dos processos produtivos) e o aumento exagerado das emissões de GEE. De forma a enfatizar a responsabilidade antrópica, o relatório ainda apresenta dados de que as emissões fósseis anuais de CO_2 aumentaram

aproximadamente de uma média de 6,4 GtC[9] por ano na década de 90 para 7,2 GtC por ano no período de 2000 a 2005.

Porém, o IPCC ressalva que o aumento nas emissões deve-se também a fatores naturais oriundos de ciclos climáticos terrestres, o que amenizaria, apenas suavemente, a responsabilidade antrópica pelas alterações climáticas. Quanto ao CH_4, sua concentração atmosférica ultrapassa em muito a faixa natural dos últimos 650.000 anos (320 a 790 ppb), mas apenas 50% das emissões seriam originárias de fontes e ações antropogênicas (DUBEUX, 2007, p. 39). Já para o N_2O, do aumento de 46ppb em sua concentração, acredita-se que apenas a terça parte seja de causas antropogênicas (SCARPINELLA, 2002, p.48).

As mudanças na quantidade de GEE estão também interligadas aos valores verificados do forçamento radiativo, mostrados nos eixos do lado direito dos painéis grandes. O forçamento radioativo caracteriza a alteração do equilíbrio da energia que entra e sai do sistema Terra-atmosfera, sendo um índice utilizado para comparar a forma como os fatores humanos e naturais provocam o aquecimento ou o esfriamento do clima global. O forçamento positivo tende a aquecer a superfície, enquanto o forçamento negativo tende a esfriá-la. O total do forçamento radiativo destes três GEE é de +2,30 [+2,07 a +2,53] Wm^{-2}, sendo muito provável, de acordo com os modelos propostos, que a sua taxa de aumento durante a era industrial tenha sido sem precedentes em mais de 10.000 anos. Analisando somente o forçamento radiativo do dióxido do carbono, se confere um aumento de 20% de 1995 a 2005, a maior mudança em uma década nos últimos 200 anos (IPCC 2007b, p.7).

Pela observação e análise das concentrações atmosféricas registradas nas geleiras, da cobertura de neve (desde a década de 60) e do nível do mar (Figura 5), o relatório afirma que “o aquecimento do sistema climático é inequívoco, como está agora evidente nas observações dos aumentos das temperaturas médias globais do ar e do oceano, do derretimento generalizado da neve e do gelo e da elevação do nível global médio do mar” (IPCC, 2007b, p.8). A interpretação gráfica é fundamentada em mudanças relativas às médias correspondentes para o período de 1961 a 1990. As curvas suavizadas representam valores médios decenais e os círculos indicam valores anuais.

A partir da análise dessas três variáveis, o relatório expõe algumas aferições. Quanto à média da temperatura global, percebe-se claramente que onze dos últimos doze anos (1995 a 2006) estão entre os 12 anos mais quentes do registro instrumental da temperatura da superfície global desde 1850. Uma correlação com essa observação reside em que o teor médio de vapor d’água na atmosfera aumentou desde (pelo menos) a década de 80, sobre toda a superfície (terra e oceano) e, também, na alta troposfera. Isso demonstraria uma coerência com a quantidade extra de vapor d’água que o ar mais quente consegue reter. O aumento da temperatura global também influenciou as temperaturas médias dos oceanos, fato demonstrado por observações desde 1961, que “mostram que a temperatura média do oceano global aumentou em profundidades de até pelo menos 3000m, e que o oceano tem absorvido mais de 80% do calor acrescentado ao sistema climático” (IPCC, 2007b, p.10). Esse aquecimento ocasiona a alteração dos

---

[9] 1 GtC corresponde a 3,67 $GtCO_2$

ecossistemas marinhos, a exemplo do branqueamento de corais, e também uma expansão da água do mar, o que contribui para a elevação do nível do mar.

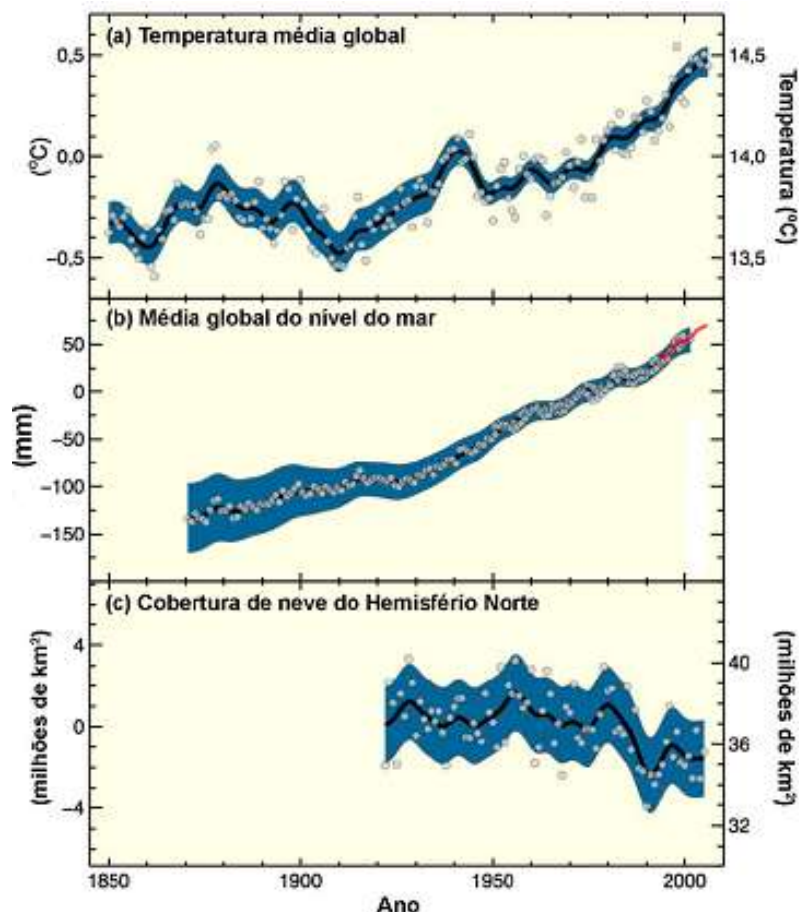



Figura 5 - Mudanças observadas na (a) temperatura média global da superfície, (b) média global da elevação do nível do mar a partir de dados de marégrafo (azul) e satélite (vermelho) e (c) cobertura de neve do Hemisfério Norte para março-abril. Fonte: IPCC (2007b, p.9).

O relatório também apresenta uma correlação entre as três variáveis, quando demonstra ser muito provável que a diminuição das geleiras e da cobertura de neve, demonstradas pelo derretimento das calotas de gelo e mantos da Groenlândia e Antártica ao longo do período de 1993 a 2003 em função do aumento da temperatura, tenha contribuído para a elevação do nível do mar. Dados de satélite obtidos desde 1978 mostram que a média anual da extensão do gelo marinho ártico se reduziu em 2,7 [2,1 a 3,3]% por década, havendo reduções maiores no verão, 7,4 [5,0 a 9,8]% por década (IPCC, 2007b, p.10). Segundo o IPCC (2007b, p.11):

> Em escalas continental, regional e da bacia oceânica, foram observadas numerosas mudanças de longo prazo, as quais abarcam mudanças nas temperaturas e no gelo Ártico, mudanças generalizadas na quantidade de precipitação, salinidade do oceano, padrões de vento e aspectos de

> eventos climáticos extremos, como secas, precipitação extrema, ondas de calor e intensidade dos ciclones, furacões e tufões tropicais.

Entretanto, o MCT (2008, p.42) ressalva que deve ser considerada a possibilidade da aleatoriedade de um certo fenômeno, em meio à intensificação de danos efetivos decorrentes das mudanças climáticas. Exemplifica que, apesar das evidências de que a intensidade dos furacões no Oceano Atlântico aumentou nas últimas décadas como resultado da mudança do clima, isso não torna possível afirmar que um furacão em particular, como o Katrina, foi resultado absoluto da mudança do clima.

Correlacionando mais especificamente as emissões dos GEE aos efeitos diretos causados no clima e suas verificações, o relatório do IPCC (2007b, p.15) expõe que “É *muito provável* que a maior parte do aumento observado nas temperaturas globais médias desde meados do século XX se deva ao aumento observado nas concentrações antrópicas de gases de efeito estufa”. Ainda deixa em aberto a probabilidade de os aumentos das concentrações de GEE (sozinhos) terem ocasionado ainda mais mudanças do que as observadas, argumentando que os aerossóis vulcânicos e antrópicos poderiam compensar um pouco do aquecimento ocorrido.

Mais observações que fortalecem a teoria quanto à origem antrópica das alterações climáticas e quanto à confiabilidade das previsões referem-se à confirmação de projeções em curto prazo feitas pelo IPCC em 1990, no seu primeiro relatório. Baseando-se em medições feitas ao longo do século XX, o IPCC houvera previsto aumentos da temperatura média de superfície global em cerca de 0,15 a 0,3ºC por década para 1990 a 2005. Tais projeções puderam ser comparadas com os valores observados de cerca de 0,2ºC por década (Figura 6). As projeções foram alicerçadas em 19 simulações para 5 modelos climáticos para as forçantes naturais e 58 simulações para 14 modelos climáticos no caso das forçantes antropogênicas.

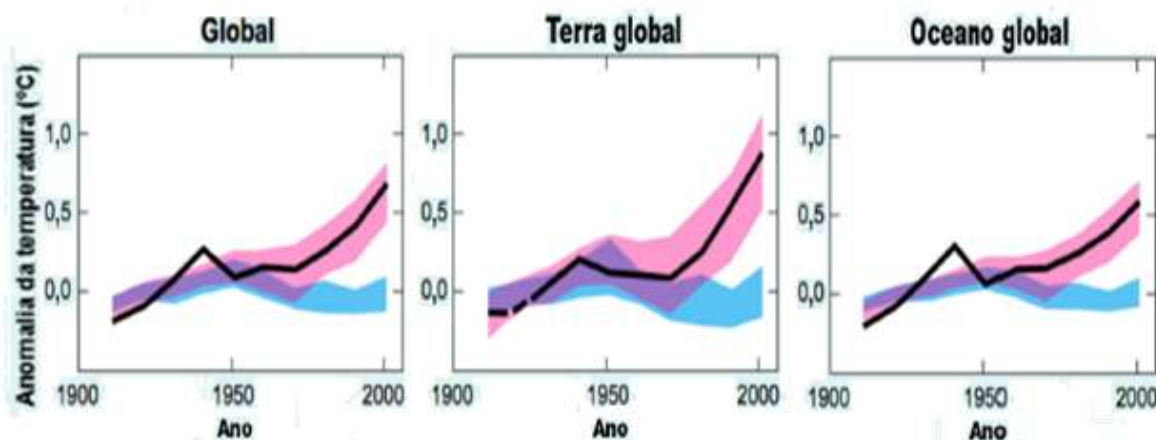



Figura 6 - Mudanças observadas na temperatura superficial em escalas continental e global (linha sólida) para o período de 1906 a 2000, comparadas com resultados simulados por modelos climáticos que levam em conta forçantes climáticas naturais apenas (em azul) e as antropogênicas assomadas às naturais (em vermelho). Fonte: IPCC (2007b, p.18).

Quanto ao futuro, as projeções são de um aquecimento de cerca de 0,2ºC por década para uma faixa de cenários estudados. Ainda que as concentrações de todos os GEE e aerossóis se mantivessem constantes nos níveis do ano 2000, seria esperado um aquecimento adicional de cerca de 0,1ºC por década (IPCC, 2007b, p.17). Esses valores são aparentemente pequenos, mas resultariam em alterações de significativa magnitude. Quanto ao aquecimento médio global do ar da superfície, inferente na sensação térmica, a melhor estimativa para o cenário baixo é de 1,8ºC [1,1ºC a 2,9ºC] e para o cenário alto é de 4,0ºC [2,4ºC a 6,4ºC] (Figura 7).

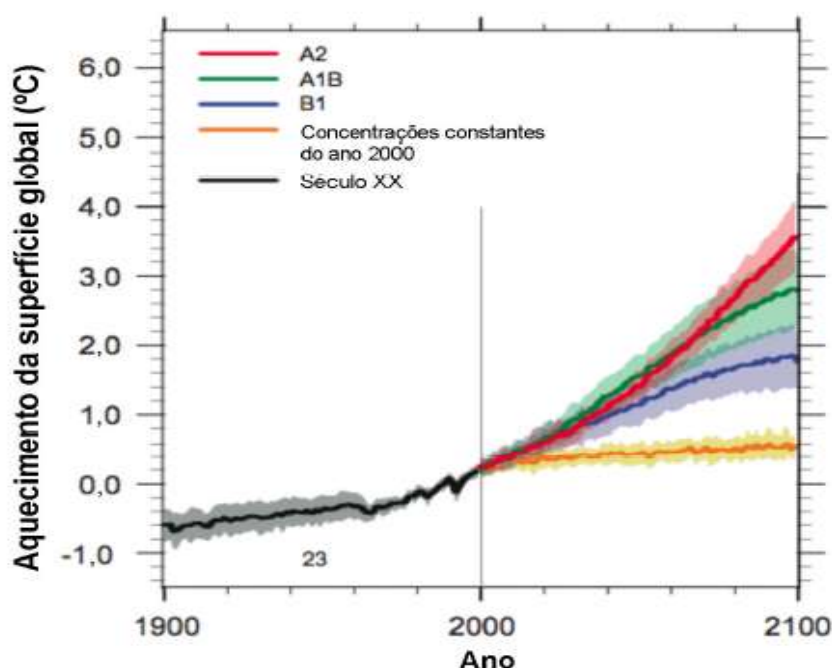



Figura 7 - Médias globais de temperatura até 2100 segundo diferentes modelos (A2, A1B e B1) e em caso de manutenção das concentrações de GEE do ano 2000. Fonte: IPCC (2007b, p.20).

Todavia, apesar de todas as ilações expostas, não há ainda um pleno consenso científico quanto à questão do aquecimento global. Hackbart (2008; 2009) pondera que a variação ascendente da temperatura não é equânime em todo o globo e expõe dados da Universidade do Alabama que indicam que a temperatura global em maio de 2009 ficou 0,18ºC abaixo da média dos últimos 30 anos, sendo o mês mais frio na Terra desde janeiro de 2000 e o mês ‘maio’ com menor temperatura desde 1992. O autor chega a afirmar que o aquecimento global inexistiu na década atual. Entretanto, a despeito das incertezas e discordâncias quanto aos resultados que advirão, as aferições científicas convergem para as maiores variações de temperatura e concentrações atmosféricas já confirmadas. Pode-se afirmar, assim, que existe um peremptório consenso a respeito das alterações climáticas, ainda que persistam divergências quanto às suas consequências. Como expõe Martins (2005, p.19), ainda “que os impactos climáticos decorrentes do

aumento da concentração de CO_2 na atmosfera sejam controversos, os cientistas concordam que a duplicação da concentração do gás na atmosfera em relação ao nível pré-industrial pode causar várias alterações ambientais sérias".

Tal cenário não sugere hesitação, mas sim demanda uma atitude relacionada às causas dessas variações percebidas. Em seu Quarto Relatório, o IPCC (2007a) conclui que está cada vez mais claro que existem limiares críticos para as mudanças climáticas antropogênicas, além das quais estariam perigosas consequências. O relatório estima que se não houver modificação nos padrões de emissões, nas próximas décadas:

- 3 bilhões de pessoas podem ser expostas à severa escassez de água;
- 600 milhões de pessoas podem ser atingidas pela fome e pela desnutrição em razão de secas, degradação dos ambientes e salinização do solo;
- 30% das espécies animais e vegetais poderão ser extintas (se a temperatura média do mundo subir entre 1,5 ºC e 2,5 ºC);
- Um aumento de 4ºC na temperatura do ar pode levar a uma perda média de 1% a 5% do Produto Interno Bruto (PIB) global.

Quanto aos danos econômicos resultantes das mudanças climáticas, dos diversos estudos feitos por economistas, o mais impactante é sem dúvida o do economista britânico Sir Nicholas Stern (STERN, 2006), que prevê os custos derivados de uma duplicação da concentração de CO_2 atmosférico. O economista firma que o investimento nos próximos 10-20 anos terá um efeito profundo no clima do planeta a partir de 2050. Os impactos econômicos serão de proporções similares aos das últimas grandes guerras e da crise de 1929, com a diferença de que, nesse caso, será impossível reverter essas tendências. O relatório assevera que os custos e riscos das mudanças climáticas equivalerão a perdas anuais de 5% do Produto Interno Bruto - PIB global permanentemente; e que, considerando maiores impactos e riscos, as estimativas apontam para 20%. Em contraste, os custos das ações de mitigação de emissões (para estabilizar as concentrações entre 500 e 550ppm) podem se limitar a cerca de 1% do PIB global ao ano. Os custos das ações são distribuídos desigualmente ao redor do mundo, mas mesmo se os países ricos cortarem 60% a 80% das emissões até 2050, os países em desenvolvimento precisam tomar medidas significativas também.

Tais custos podem ser ainda menores se forem obtidos ganhos em eficiência e se co-benefícios como a redução na poluição do ar forem medidos. Porém, os custos também podem ser maiores, se as tecnologias demorarem a ser incorporadas e se políticos falharem em colocá-las em prática. Caso esses investimentos não sejam feitos imediatamente, o montante gasto seria de até 20% do PIB Global anual – perspectiva posteriormente endossada no relatório do IPCC.

O relatório assesta que, apesar de os custos de estabilização serem significativos, os mesmos são gerenciáveis, mas que o atraso em arcar com a responsabilidade é perigoso e seria muito mais caro. A estabilização entre 450 e 550ppm de CO_2eq (relativos aos atuais 430ppm CO_2eq, subindo mais de 2ppm ao ano) requer reduções de emissão de pelo menos 25% abaixo dos níveis atuais até 2050 (e talvez muito mais, algo em torno

de 80%). Se já não é tão fácil estabilizar as concentrações em 450ppm, urge que sejam iniciadas as tomadas de decisões e suas aplicações. A título de representatividade, o setor de eletricidade, por exemplo, deverá se descarbonizar em pelo menos 60% até 2050 (para 500ppm) e profundos cortes serão necessários no setor de transportes.

O relatório de 2004 da Agência Internacional de Energia (IEA – *International Energy Agency*) apresenta um cenário de referência projetando a evolução do mercado energético no período 2002-2030, considerando apenas as políticas governamentais e medidas que já estavam aprovadas, mesmo que não implementadas, até 2004 (IEA, 2004). As principais tendências globais de energia apresentadas pela IEA são:

- a demanda mundial de energia primária aumentará em torno de 60%, atingindo 16,5 bilhões de toneladas de óleo equivalente; e a taxa anual de crescimento da demanda mundial de energia será de 1,7%, menor que a taxa anual de 2% das últimas três décadas;
- os combustíveis fósseis continuarão a dominar o suprimento global de energia. Sua participação na demanda total aumentará discretamente de 80% em 2002 para 82% em 2030. O petróleo permanecerá como a fonte primária mais usada (35%), seguido pelo gás natural (25%);
- a demanda mundial de petróleo crescerá 1,6% por ano, passando de 77 milhões de barris por dia em 2002 para 121 milhões de bpd em 2030. O consumo de gás natural praticamente dobrará, atingindo o valor de 4,1 bilhões de toneladas de óleo equivalente em 2030. A demanda crescerá numa média anual de 2,3% e o maior responsável pelo aumento será o setor de geração de energia elétrica;
- a participação do gás na demanda mundial de energia primária aumentará de 21% em 2002 para 25% em 2030. As reservas de gás podem facilmente atender essa projeção;

Portanto, a adaptação às mudanças climáticas é essencial e deve ser acelerada, de forma a criar resiliência e reduzir custos para as mudanças que ocorrerão nos próximos vinte anos e que não podem ser mais revertidas; somente em países em desenvolvimento isso custará bilhões de dólares todo ano e colocará mais pressões sobre os recursos escassos. Em conclusão, Stern (2006) afirma que “as mudanças climáticas são a maior falha de mercado que o mundo já viu – e interage com outras imperfeições de mercado”, e que as mudanças climáticas “atingirão os elementos básicos à vidas: água, alimentos, saúde e ambiente; [...] A mudança radical na geografia física mundial trará mudanças à geografia humana – onde e como as pessoas vivem”.

Para além das inferências científicas e econômicas expostas, assomando-se aos relatórios do IPCC (2007a) e STERN (2006), o Banco Mundial promove uma análise detalhada, sob várias perspectivas, dos futuros impactos decorrentes das alterações climáticas sob diferentes cenários de desenvolvimento – em seu relatório ‘Desenvolvimento com Menos Carbono: Respostas das América Latina ao Desafio da Mudança Climática’ (BANCO MUNDIAL, 2009).

Contudo, felizmente, muitos estudiosos, tomando Stern (2006) como exemplo, entendem que ainda há tempo para evitar os piores impactos das mudanças climáticas, “uma ameaça séria ao planeta que demanda respostas globais urgentes. Todas as diferentes análises de custos e riscos utilizadas concluem que a ação intensa e pronta é de longe melhor que a inação”. Finalmente, em se reunindo as evidências das mudanças do clima já observadas, existe uma premente preocupação em buscar soluções para os efeitos negativos decorrentes do aumento das emissões dos GEE.

2.2 As Alternativas Potenciais para Reversão das Alterações Climáticas

A primeira atitude concreta por parte da comunidade internacional, a respeito deste amplo complexo científico-econômico-tecnológico-diplomático relacionado à mudança do clima, se deu na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio-92), em 1992, na qual veio a culminar a entrada em vigor do Protocolo de Quioto e a possibilidade de utilização do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), que atraem cada vez mais a atenção do mundo dos negócios e do setor empresarial. Dentre os tratados internacionais a respeito do meio ambiente, o Protocolo de Quioto é o de maior relevância em termos da redução das emissões do GEE e importância por sua abrangência em convocação de países em todo o mundo (sobretudo os mais desenvolvidos) (SCARPINELLA, 2002, p.29).

Então, em 1992, na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio-92), ficou instituída a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC; *United Nations Framework Convention on Climate Change* - UNFCCC). A convenção estabeleceu que os países desenvolvidos (denominados países do Anexo I) deveriam liderar as ações para mitigação das mudanças climáticas, devendo retornar suas emissões antrópicas de gases de efeito estufa, por volta do ano 2000, aos níveis anteriores de 1990. A convenção veio entrar em vigor apenas em 1994, quando da ratificação pelo número suficiente de Partes integrantes (países signatários).

Em seguimento, em 1995, foi realizada a Primeira Conferência das Partes da Convenção (COP1), a qual examinou os compromissos delineados para a redução das emissões pelos países desenvolvidos e coligiu que os mesmos eram inadequados. Frente a esta inexistência de compromissos eficazes, houve a adoção do Mandato de Berlim, que alavancou um processo de dois anos destinado a estudar o estabelecimento de um Protocolo à Convenção que definisse obrigações e ações apropriadas e legalmente vinculantes para a primeira década do século XXI. O processo do Mandato de Berlim culminou na Terceira Conferência das Partes (COP 3), realizada em Quioto (Japão), em 1997, na qual se tomou a decisão, por consenso dos envolvidos, em favor da adoção do Protocolo de Quioto, o qual intenciona definir propostas mais concretas e eficazes para uma real redução das emissões dos GEE pelas Partes Signatárias.

Para vigorar, o Protocolo deveria ser ratificado por pelo menos 55 dos países signatários, incluído entre eles um conjunto de países do Anexo I responsáveis por no

mínimo 55% das emissões mundiais de CO_2 em 1990. Em 2001, os Estados Unidos anunciaram sua oposição ao Protocolo, alegando ser este fatalmente falho por isentar os países em desenvolvimento da redução ou limitação das emissões e por ser passível de comprometer sua economia. Durante a COP 7, em Marrakesh, houve consenso sobre a adoção de um conjunto de decisões abrangentes sobre as regras e procedimentos para implementação do Protocolo de Quioto e seus mecanismos de flexibilização. Este conjunto de decisões ficou conhecido como “Os Acordos de Marrakesh”. Após diversos impasses, a ratificação da Rússia, ocorrida em 18 de novembro de 2004, possibilitou a entrada em vigor deste tratado em 16 de fevereiro de 2005 (CHAN, 2006, p.12).

Na prática, o Protocolo de Quioto formalizou o acordo de compromissos diferenciados para as partes envolvidas, aos países do Anexo I (desenvolvidos) foram aplicadas obrigações de redução ou limitação de emissões entre 2008 e 2012. Tais medidas, em conjunto, almejam uma redução de pelo menos 5,2% em relação aos valores dos GEE emitidos em 1990 (MARTINS, 2005, p.22; SCARPINELLA, 2002, p.102), ressaltando que estão sendo consideradas somente as emissões antropogênicas.

Quanto ao pacto firmado de compromissos diferenciados para países ‘desenvolvidos’ e ‘em desenvolvimento’, cabe um exame acerca dessa decisão. Poderia se questionar se uma contribuição rápida e substancial dos países em desenvolvimento para o financiamento dos esforços globais que visam mitigar as mudanças climáticas seria compatível com as considerações sobre equidade. Segundo o Banco Mundial (2009, p.25): “Obviamente que não, por duas razões que, juntas, constituem o núcleo do princípio da responsabilidade comum, mas diferenciada, estabelecido pela UNFCCC” no protocolo. Em primeiro lugar, os países em desenvolvimento já enfrentam o desafio de reduzir a pobreza, e são os mais vulneráveis e os menos capazes de se adaptar aos efeitos adversos das alterações no clima. Seria injusto exigir que esses governos arquem ainda com o fardo adicional de diminuir suas emissões de GEE. Uma solução equitativa permitiria aos países emergentes atingir o nível de qualidade de vida alcançado pelas atuais nações industrializadas nos últimos 100 anos (BANCO MUNDIAL, 2009, p.25).

Em segundo lugar, os países ricos assumem uma responsabilidade histórica muito maior pelas concentrações de GEE existentes (Figura 8). O menor nível de participação dos países em desenvolvimento pode ser ilustrado pelo fato de que, entre 1850 e 2004, as emissões cumulativas das nações industrializadas relacionadas ao consumo energético são 12 vezes maiores que aquelas das nações em desenvolvimento - respectivamente 664 e 52 tCO_2eq *per capita*. Ou seja, mesmo com uma parcela da população mundial em torno de apenas 20%, os países industrializados têm produzido 75% das emissões mundiais cumulativas de CO_2 provenientes do consumo de energia desde 1850. Tal constatação leva muitos observadores a declarar que os países ricos deveriam assumir uma parcela maior do custo associado à redução das emissões globais de GEE (BANCO MUNDIAL, 2009, p.25).

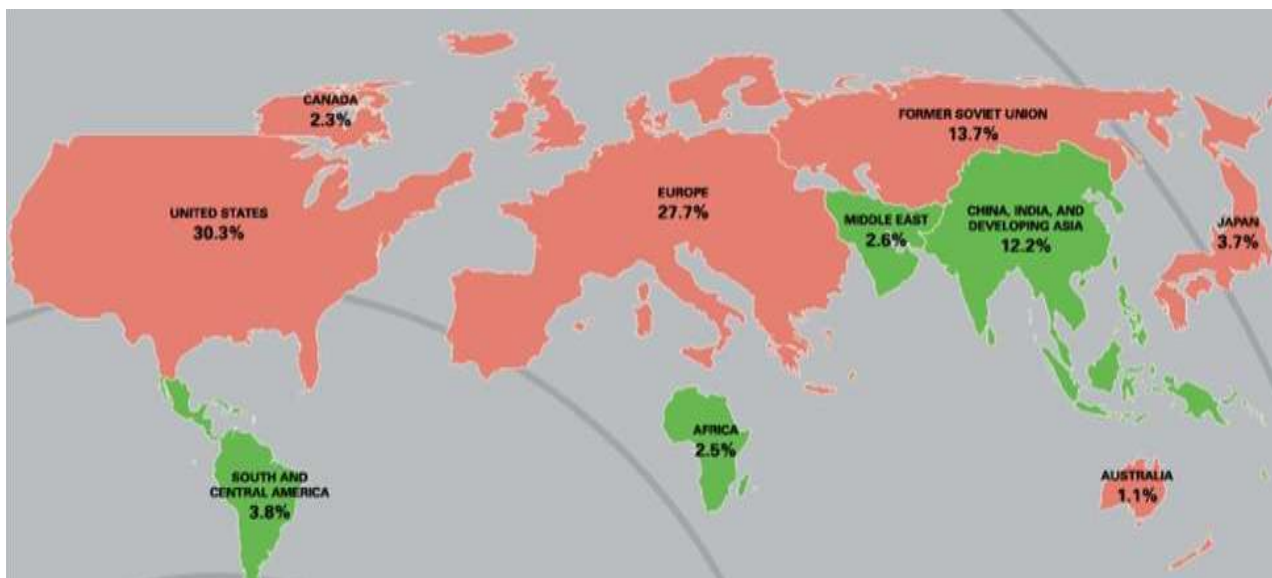



Figura 8 - Área proporcional às emissões de CO_2 pela queima de combustíveis fósseis, 1900-1999. Fonte: WRI (2003).

Finalmente, como mencionado na proposta brasileira apresentada durante as negociações do Protocolo de Quioto, a responsabilidade de um país só pode ser corretamente avaliada se forem consideradas todas as suas emissões históricas, o conseqüente acúmulo de gases na atmosfera e o aumento da temperatura média da superfície terrestre daí resultante. Portanto, os países desenvolvidos, que iniciaram suas emissões de GEE a partir da Revolução Industrial, têm maior responsabilidade por causar o efeito estufa atualmente e continuarão a ser os principais responsáveis pelo aquecimento global por mais um século (MCT, 2006a, p.12).

Quanto às possibilidades de ação, o Protocolo abarca tanto as medidas de adaptação quanto as de mitigação, em que os valores derivados dessas devem ser computados para o atendimento das metas de redução de cada país. Em vista do esforço econômico necessário para o cumprimento das metas estipuladas, o Protocolo estabeleceu mecanismos de mercado. São três mecanismos que, em ordem de serem plenamente aproveitados, demandam uma adaptação dos regimes sócio-econômicos em relação à criação de ferramentas e instrumentos que possibilitem a adoção dos mesmos. O MCT (2008, p.19) coloca que tais mecanismos de flexibilização “de forma inédita no cenário internacional, tentam enquadrar responsabilidades e obrigações das diversas partes, abrindo oportunidades de desenvolvimento social e econômico sustentável”. Dois desses mecanismos são de exclusiva aplicação entre países desenvolvidos: a Implementação Conjunta de Projetos e o Comércio de Emissões. O terceiro constitui o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL.

O MDL, constituído no 12º artigo do Protocolo de Quioto, permite que os países industrializados, a fim de cumprir suas metas de redução, possam comprar reduções certificadas de emissões geradas nos países em desenvolvimento, através de projetos de seqüestro de carbono. Esse mecanismo é caracterizado por ser o único, dentre os três,

aplicável a países em desenvolvimento, oferecendo a possibilidade de captação de recursos e, dessa forma, sendo uma oportunidade ímpar para promover o desenvolvimento sustentável e contribuir para os objetivos da Convenção do Clima (MCT, 2008, p.19). O MDL foi desenvolvido a partir de uma proposta brasileira, a qual intentava a criação de um fundo de desenvolvimento limpo. Em consonância com as premissas do princípio poluidor–pagador[10], nesse fundo deveriam ser depositadas verbas pelos países que não conseguissem atingir suas metas de redução. A proposta não foi integralmente acatada, sendo transformada em mecanismo (SCARPINELLA, 2002, p.114; MARTINS, 2005, p.23). Desta feita, os GEE passaram a possuir valor econômico, sendo utilizados como moeda ambiental na aquisição das "*permissões de poluir*" no mercado internacional de emissões de carbono. Implica dizer que a poluição emitida a menos por um país, pode ser comercializada no mercado internacional. Este "*saldo*" somente poderá ser comercializado se for o resultado do uso de tecnologia mais limpa para realizar o abatimento do carbono (OLIVEIRA JUNIOR, 2005).

Fundamentalmente, o MDL configura-se estrategicamente como acertado incentivo a promoção da minoração da concentração de GEE na atmosfera. O mecanismo serve como um passo importante na longa caminhada até se chegar a tomada de atitudes pela real conscientização. Portanto, em razão de aproveitar os possíveis benefícios gerados pelo MDL e estar em sintonia com o processo de melhoria climática e ambiental vivenciado, urge que as empresas se alertem para o desenvolvimento de projetos ligados ao mecanismo e à temática e procurem executá-los. Em respeito à importância do MDL para o setor empresarial, o MCT (2008, p.19) expõe que:

> O setor produtivo brasileiro é um importante ator no processo de resposta da sociedade brasileira aos desafios das mudanças climáticas, atuando como promotor de projetos que geram reduções certificadas de emissões e contribuindo para mudanças nos padrões de consumo e produção. Observa-se, atualmente, que as grandes empresas já despertaram para esse tema e diversas delas estão ativas na concepção e implantação de projetos de MDL. No entanto, a inserção das pequenas e médias empresas (PME) no mercado internacional de crédito de carbono precisa ainda ser ampliada e incrementada. Para atingir esse objetivo, é necessária uma maior difusão do conhecimento a respeito das oportunidades concretas desse mecanismo e uma capacitação técnica acurada desse segmento para elaborar, contratar, implantar e monitorar os projetos de MDL.

O intuito do MDL de envolver as organizações empresariais é bastante sábio, pois que acordos internacionais e estratagemas políticos isolados não resolveriam a questão. É imprescindível que as empresas (enquanto processos produtivos) se alertem para a

---

[10] Princípio internacional pelo qual o custo direto ou indireto da despoluição deve repercutir nos custos de produção e de consumo dos bens e serviços responsáveis pela poluição. Instituído nacionalmente pela Política Nacional de Meio-Ambiente (Lei nº 6.938/81) em seu Art. 4º significa: "impor, ao poluidor e ao predador, a obrigação de recuperar e/ou indenizar os danos causados e, ao usuário, a contribuição pela utilização de recursos ambientais com fins econômicos".

tomada de ações práticas que possam reverter e corrigir as alterações climáticas antes que seja tarde demais. Em corroboração com a orientação do Protocolo de Quioto, o Banco Mundial (2009, p.20) e o MCT (2008, p.42) apontam, quanto à adaptação, que as alternativas para controlar as emissões de GEE seriam utilizar a energia de maneira mais eficiente e substituir os recursos energéticos derivados de combustíveis fósseis por outros de fontes renováveis, com menores emissões de carbono por kWh consumido.

Já a mitigação visa à diminuição das emissões de GEE e captura do carbono emitido na atmosfera – sequestro de carbono. As alternativas seriam a reintegração deste à biosfera, pelo aumento da área vegetada, ou a captura por ações físicas e químicas de CO_2 nos pontos de produção ou transformação de energia, com sua subseqüente armazenagem em reservatórios de petróleo ou gás depletados ou nas profundezas dos oceanos (MARTINS, 2005, p.19). O IPCC calcula que um programa global envolvendo a redução do desmatamento, acentuação da regeneração natural de florestas tropicais e reflorestamento poderia seqüestrar de 60 a 87 GtC até 2050, equivalendo a 12-15% das emissões de CO_2 projetadas para esse período (IPCC, 2007b, p.16). É importante salientar que entre estas duas alternativas, a mitigação (idealmente neutralização) é melhor do que apenas a adaptação, sendo esta uma etapa auxiliar. Stern (2006) coloca que "a adaptação é uma medida complementar à mitigação, nunca alternativa a esta".

Por conseguinte, as alternativas existentes exigem uma mudança nos padrões de produção e consumo, ou seja, uma alteração no sistema como um todo. Tal feito não debilitaria os benefícios adquiridos consoante o uso das tecnologias desenvolvidas pelo sistema vigente, mas sim trará benefícios maiores, mais igualitários e melhor distribuídos. Existe uma crença generalizada de que os avanços científicos e tecnológicos dos últimos duzentos anos resolveram muitos problemas da humanidade, como a eliminação de doenças, o aumento da vida média das pessoas, e extensão do conforto e prosperidade a um terço do gênero humano (cerca de dois bilhões de pessoas), o que não tem precedentes na história. Roma, por exemplo, no seu esplendor, deu aos romanos um excelente nível de vida, mas à custa do trabalho de cerca de cem milhões de outros seres humanos escravizados. Apenas 1% da população mundial da época se beneficiou dos confortos da Cidade Imperial (GOLDEMBERG e LUCON, 2008, p.351).

Essenciais para esses avanços são fontes apropriadas de energia, 80% da qual provém atualmente de combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás). Estes combustíveis foram as molas propulsoras do extraordinário progresso técnico do século XX, mas o problema é que esse progresso neles baseado não pode durar, por diversas razões. Não há garantias de que as reservas de combustíveis fósseis sejam infinitas e há muitas divergências em relação à longevidade das mesmas. Os problemas geopolíticos para conseguir acesso a esses recursos estão se tornando cada vez maiores, em razão da dependência crescente dos Estados Unidos de petróleo importado e do aumento do consumo na China e em outros países em desenvolvimento. As guerras do Oriente Médio têm muito que ver com isso. E, mais importante, dois terços da humanidade não têm acesso aos confortos da civilização moderna, o que é inaceitável do ponto de vista moral e constitui uma fonte de instabilidade social e política permanente, gerando, inclusive, imigração ilegal para a Europa e a América do Norte. Além disso, combustíveis fósseis

estão ‘envenenando’ a atmosfera com suas emissões de gases responsáveis pela poluição local e pelas mudanças climáticas – as manifestações mais claras desse problema. Em outras palavras, o progresso técnico que alcançamos no século XX não é sustentável no médio prazo e o problema precisa ser resolvido nas próximas décadas, ou seja, pela atual geração, para evitar uma crise sem precedentes na história moderna (GOLDEMBERG e LUCON, 2008, p.351).

Goldemberg e Lucon (2008, p.215) asseveram que “a maneira mais óbvia de resolver estes problemas é a remoção das suas causas, total ou parcial. Isso é uma tarefa muito difícil, contudo não impossível”. Os autores expõem que na área de energia existem três formas possíveis de solução de problemas:

a) A eficiência energética (ou conservação de energia), ou seja, uma maneira de se obter um bem estar equivalente com menos recursos naturais;
b) as energias renováveis, que preservam os combustíveis fósseis de seu esgotamento; e
c) novas descobertas tecnológicas que consigam atingir utilização em escala comercial.

Cabe destacar que essas categorias são complementares, pela possibilidade (e desejabilidade até) de se desenvolver novas tecnologias para obtenção de energia renovável com simultâneos ganhos de eficiência. Em verdade, o uso mais eficiente de energia deve ser feito sempre que possível, pois isso estende a vida das fontes finitas de combustível fóssil, reduz todos os impactos ambientais de suas alternativas e oferece, em geral, vantagens econômicas em termos de retorno de investimentos (GOLDEMBERG e LUCON, 2008, p.215).

Quanto à promoção da eficiência energética, são muitas as vantagens decorrentes: custo da economia de energia é inferior ao da geração; maior segurança no fornecimento; maiores ganhos micro e macroeconômicos, associados a um aumento de produtividade e de competitividade industrial; aumento da disponibilidade de acesso a serviços de energia; e redução dos impactos ambientais referentes (em especial as emissões de GEE). Para se ter uma idéia dos benefícios, sem as economias obtidas entre 1973 e 1998, devido ao incremento da eficiência energética nos processos produtivos, o consumo de energia na OCDE[11] teria sido 50% maior. E, diante das tecnologias já existentes, muito mais já poderia estar implementado. É muito importante que os países em desenvolvimento se antecipem em adotar medidas de eficiência energética, com a possibilidade de economizar até 65% de sua energia entre 2006 e 2026 (GOLDEMBERG e LUCON, 2008, p.216).

Por vezes, as soluções de eficiência energética são simples, demandando consciência e vontade para sua implantação. Acerca do desmatamento, por exemplo, uma das principais causas de perda de biodiversidade e de emissões de carbono em todo

[11] A Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) é uma organização internacional e intergovernamental que agrupa os países mais industrializados da economia do mercado. Tem sua sede em Paris, França. Na OCDE, os representantes dos países membros se reúnem para trocar informações e definir políticas com o objetivo de maximizar o crescimento econômico e o desenvolvimento dos países membros.

o mundo, sob o aspecto da biomassa energética tradicional, uma das alternativas para solução dos problemas é a melhoria na eficiência da utilização de lenha. O problema básico do emprego de lenha para cozinhar é sua baixa eficiência, inferior a 10%. Este é o caso do fogão de três pedras (Figura 9, A), amplamente utilizado pela população de baixa renda nos países em desenvolvimento. Apesar da energia produzida ser barata, esses fogões são muito poluentes e propensos a acidentes. Melhorias simples nos fogões primitivos custam pouco e melhoram sua eficiência consideravelmente. O primeiro passo para a evolução desses fogões é a melhor construção, consumindo menos lenha, carvão vegetal, esterco, resíduos agrícolas ou querosene. Fogões metálicos (Figura 9, B) ou com isolantes possuem melhores eficiências no uso final (10% a 20%). Fogões mais elaborados custam pouco e permitem consideráveis ganhos de eficiência (25% a 40%). Este é particularmente o caso do fogão cerâmico *Jiko*, dos quais há cerca de um milhão em uso na África oriental (Figura 9, C) (KAMMEN, 1995).

Curiosamente, os fogões *Jiko* que tiveram tanto sucesso no Quênia não foram bem-sucedidos em Ruanda. Programas de melhoria nos fogões a lenha tiveram sucesso na China, mas não na Índia. É difícil compreender o motivo pelo qual programas para a disseminação de melhores fogões tiveram sucesso em alguns países mas não em outros. Isso parece depender fortemente da cultura local, da educação e do envolvimento da comunidade mais do que da ação governamental. Porém é preciso um pouco de insistência, em forma talvez de reformulação da política de implantação em termos de abordagem e incentivo. Após os fogões eficientes a biomassa tradicional, o passo seguinte é a adoção de propano (GLP), petróleo líquido e aparelhos elétricos, subindo numa 'escada energética' para a atividade de cocção de alimentos, até chegar aos fogões solares. O importante é que o serviço final energético seja suficientemente satisfatório para que possa haver eficácia em sua efetivação (GOLDEMBERG e LUCON, 2008, p.285). Para muito além deste exemplo, existem diversas formas e tecnologias para se promover a eficiência energética, amplamente estudada em experimentos e exposta na literatura científica.

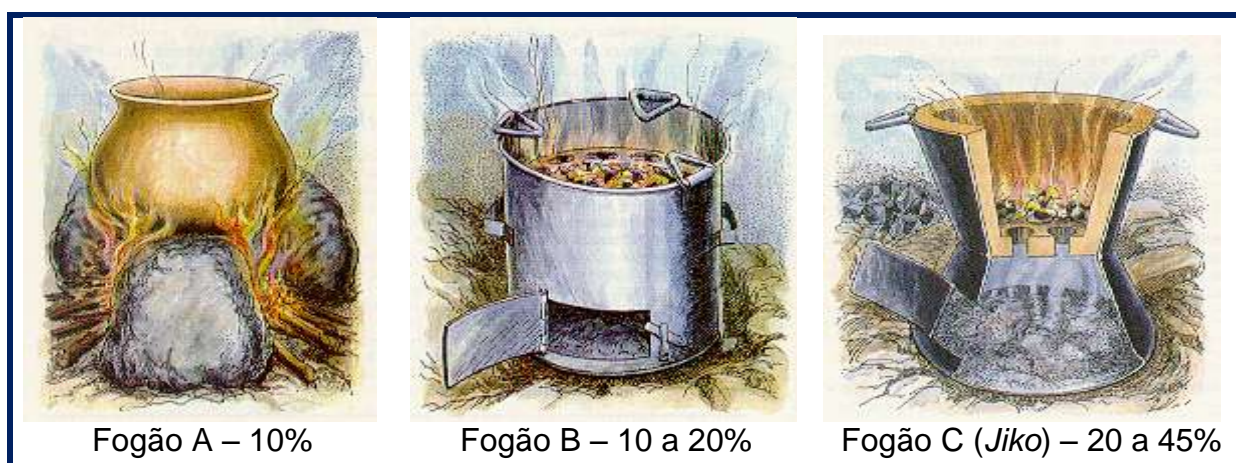



Figura 9 - Fogões primitivos utilizados em países em desenvolvimento, com respectivas eficiências energéticas da lenha. Fonte: Kammen (1995).

A redução do consumo energético é conseguida também através da adoção de medidas de gestão do uso de energia, como, por exemplo, o melhor isolamento de aparelhos de refrigeração, motores e compressores de alta eficiência com placas de vácuo; uso de televisores e computadores com telas planas e baixo consumo de energia (em modo *stand-by*); controladores automáticos de iluminação artificial em função da luz solar e sensores que controlam a iluminação do ambiente de acordo com sua taxa de ocupação e outros sistemas avançados de controle de luz (GOLDEMBERG e LUCON, 2008, p.282).

Ferramentas de gestão para aumento da eficácia energética podem ser aplicadas a diversas situações. No setor de transportes, dentre as alternativas que resultam em menor consumo energético e redução de emissões, está a pesquisa para implementação de melhorias no motor ou no corpo do veículo (redução da inércia) com o principal objetivo de reduzir a intensidade energética (uso de energia por energia útil). Por vezes, somente a realização de serviços de manutenção periódicos, (e.g. verificação de pneus, óleo e regulagem do motor) já pode resultar em economias de combustíveis de 2 a 10% (RIBEIRO, 2001, p.8).

Outras ações de racionalização energética (e de emissões), e ainda de solucionamento de problemas sociais, envolvem a gestão urbana de planejamento do transito, abrangendo deslocamentos menores e mais inteligentes e mudanças de infra-estrutura de sistemas (e.g. sinalização inteligente), melhorando na fluidez do trânsito de veículos integra a questão. Os congestionamentos geram significativos custos, tanto econômicos quanto derivados dos impactos das emissões de GEE. Estima-se que do consumo de combustíveis por carros, entre 1,5% e 6% sejam gastos anualmente em congestionamentos nos EUA e UE. Os gargalos também causam congestionamentos e emissões desnecessárias em transportes aéreos e ferroviários. Em face de congestionamentos, 35% dos vôos comerciais europeus aterrissam mais de 15 minutos atrasados e mais de 20% dos trens chegam atrasados em seus destinos. O potencial de abatimento de emissões total pela redução dos congestionamentos seria em torno de 25MtCO_2eq/ano (WEF, 2009, p.28).

O transporte sustentável é sempre melhor do que o círculo vicioso imposto pela construção de mais vias na tentativa de acomodar mais veículos. Provavelmente, a alternativa mais viável seria a alteração no tipo de modal (*e.g.* ferroviário), estimulando o transporte coletivo e otimizando os deslocamentos. Porém, tal medida é mais passível de ser adotada em longo prazo. Em curto e médio prazo, a utilização de automóveis é inevitável, mas o seu uso excessivo é um problema – e não solução para mobilidade urbana. O percentual expressivo da participação dos automóveis dentre os tipos de veículos rodoviários de transporte no Brasil (Figura 10) retrata o que acontece na maioria das nações, demandando uma atenção à gestão e melhoria das condições veiculares e de trânsito para este modal.

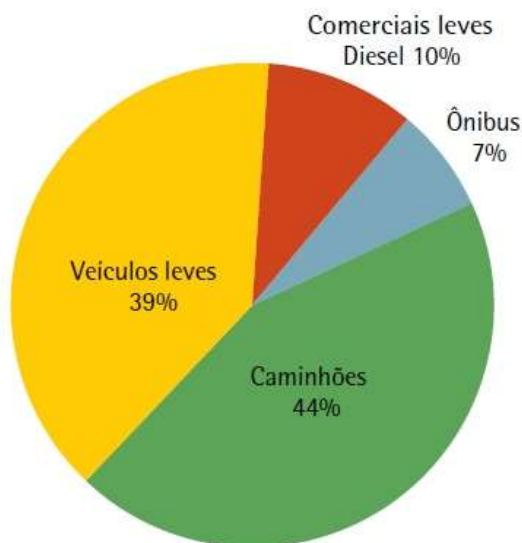



Figura 10 - Emissões de CO_2 no transporte rodoviário por tipo de veículo.
Fonte: MCT (2006b).

Nos países em desenvolvimento o número de automóveis é de aproximadamente vinte para cada mil pessoas, comparando com os 600/1000 nos países industrializados. Se a utilização dos automóveis alcançar os níveis dos países da OCDE em todo o mundo, os problemas ambientais, de infra-estrutura e uso do solo serão insolúveis (GOLDEMBERG e LUCON, 2008, p.248). Como o espaço nas vias é - e sempre será – limitado, a prioridade deve ser para a movimentação de pessoas e bens, não de 'autos'. Para as pessoas, a melhor solução é o transporte público. Desenvolver um sistema viável de transporte público não pode ser uma alternativa que leve o tempo de uma geração, nem que sacrifique a saúde desta. Visionariamente, tais ações podem incentivar o desenvolvimento de um projeto MDL, a exemplo do projeto 'Transmilênio', implantado em Bogotá, Colômbia. O projeto, apenas pela reordenação, melhoramento e ampliação da frota de ônibus do transporte urbano municipal, contabilizou anualmente uma redução de mais de 300.000 tCO_2, gerando o recebimento anual de recursos da ordem de R$ 3.000.000,00 (NTU, 2009, p.46).

Outras medidas podem ainda ser adotadas, como o aumento da eficácia de aproveitamento da energia natural nas construções. Nessa seara, o melhor, sem dúvida, é aplicar as técnicas de construção sustentável (*e.g.* arquitetura solar passiva) quando da construção de prédios novos, ao invés de se tentar (re)adaptar os já existentes. Goldemberg e Lucon (2008, p.282) assestam que "essa é uma área muito promissora, pois a experiência mostra que construir um prédio mais eficiente custa apenas um pouco mais do que um prédio convencional" e que normas e códigos mais rigorosos de construção e manutenção dos prédios podem acelerar a incorporação de melhorias para obtenção de significativas reduções do uso de energia. Na Suíça, por exemplo, com a aplicação de tais medidas acrescidas à concessão de incentivos financeiros (como redução de impostos e financiamentos) obtiveram-se economias de 50% em energia nesse segmento, num período de 20 anos (GOLDEMBERG e LUCON, 2008, p.281). A

congregação de variados estudos mostra que as construções verdes evitam o consume de energia da ordem de 10% a 15% (WEF, 2009, p.20).

Países em desenvolvimento, como o Brasil apresentam vantagens nessa esfera, visto que a maioria das construções apresenta características bem diferentes das dos países industrializados, por utilizarem quase que exclusivamente materiais locais, que diminuem os custos e uso de energia. Além disso, o clima favorece a utilização da iluminação solar natural, campo no qual o potencial para se economizar energia pela adaptação de sistemas antigos é da ordem de 60%. Essa lição foi bem incorporada no Brasil em 2001 durante o racionamento de eletricidade (conhecido como 'apagão'), quando alguns setores economizaram cerca de 20% de energia (GOLDEMBERG e LUCON, 2008, p.283).

Quanto ao uso de energias renováveis, hodiernamente há diversos estudos com variadas fontes energéticas (solar, eólica, células de hidrogênio e outras mais). O setor de transportes, bastante proeminente na questão das emissões de GEE ilustra bem tal a transigência na adoção de matrizes energéticas ambientalmente corretas, como veículos movidos a eletricidade, a água e a células a combustível (e.g. células de hidrogênio), para as quais as tecnologias de uso já estão plenamente desenvolvidas.

As células a combustível[12] são dispositivos eletroquímicos que permitem converter a energia química de uma reação diretamente em energia elétrica. Trata-se de um processo direto, pois a energia química dos combustíveis produz diretamente eletricidade, sem que haja etapas intermediárias neste processo, não havendo praticamente emissões de GEE ou poluentes regulamentados. A maior desvantagem das células a combustível até o presente momento (para todos os tipos) é o custo. Dentre suas vantagens estão eficiência, silêncio, simplicidade e emissões quase nulas (ARAÚJO, 2004).

Contudo, a necessária atenção aos aspectos sociais e econômicos do sistema político-econômico vigente impele a utilização de combustíveis nulo-emissores para um tempo mais a frente.

Uma mitigação mais robusta das emissões relativas aos transportes seria possível pela substituição do modal vigente, tendo como opção, por exemplo, o transporte ferroviário (em vias terrestres). Entretanto, o modelo vigente denota que o modal automotivo permanecerá forte por bastante tempo ainda. Na Índia, o consumo de diesel, no setor de transportes, cresceu em média 1.5% por ano de 1900 a 2006. Na China, o número de t/km movidas por transporte rodoviário aumentou massivamente a 14% por ano no mesmo período (WEF, 2009, p.9). Desta feita, momentaneamente, a alternativa mais sugerida e aplicada é a substituição do combustível utilizado. Uma pesquisa prévia do governo dos EUA estabeleceu que o potencial de abatimento de emissões por tecnologias limpas para veículos seria de 12% e 9,7% para os modais ferroviário e rodoviário, respectivamente. Reaplicando esse potencial de abatimento em cálculos de emissões globais por modais, estima-se que o aumento da eficiência de veículos rodoviários representaria cerca de 90% do potencial de abatimento. Além disso, a adoção

[12] Os tipos de células a combustível são: células com membrana de permuta protónica (CCMPP); células de combustível alcalinas (CCA); células de combustível ácido fosfóricas (CCAF); células de combustível de carbonato fundido (CCCF); células de combustível de óxido sólido (CCOS) (WENDT, GOTZ e LINARDI, 2000).

crescente de taxas de uso de combustíveis alternativos, particularmente os biocombustíveis que poderia contribuir com talvez 30% do total de emissões evitadas (WEF, 2009, p.16). Sabidamente, quanto à reversão das mudanças climáticas, a adoção de biocombustíveis é uma medida paliativa, mas que ao menos podem auxiliar na redução de emissões de GEE. Além disso, os biocombustíveis podem, oportunamente, gerar outros benefícios além do âmbito das mudanças climáticas, como a segurança no suprimento energético de longo prazo, modicidade dos preços dos energéticos e manutenção da competitividade da indústria local.

O maior programa de bioenergia que já ocorreu no mundo foi o do etanol de cana brasileiro – Proálcool, iniciado em 1976. Pressionado pelo custo crescente das importações de petróleo que ameaçavam seriamente sua balança de pagamentos, o governo brasileiro encorajou a produção de etanol a partir da cana-de-açúcar e a adaptação dos motores a ciclo Otto para funcionarem com etanol 'puro' (álcool hidratado, com 96% de etanol e 4% de água) ou *gasool* (mistura[13] com 78% gasolina e 22% etanol hidratado) (GOLDEMBERG e LUCON, 2008, p.269). O Proálcool granjeou benefícios em outras searas também. O programa foi quase que totalmente baseado em equipamentos fabricados localmente, ajudando a criar um forte sistema agroindustrial, com a criação de postos de trabalho, tanto especializados quanto não especializados (o setor criou cerca de 700 mil empregos, 75% diretos) (GOLDEMBERG e LUCON, 2008, p.271).

Em 1995, o Brasil chegou a atingir uma produção anual de doze bilhões de litros, substituindo metade da gasolina utilizada nos automóveis. A tecnologia de motores evoluiu, o mercado ganhou confiança no novo combustível e os subsídios aos produtores de álcool puderam ser removidos com o aumento da produção. Assim, o etanol passou a ser competitivo diretamente com a gasolina. O programa levou a desenvolvimentos tecnológicos, tanto na produção agrícola quanto no processamento da cana-de-açúcar, elevando à baixa dos custos do etanol e à possibilidade de produção de eletricidade adicional baseada na biomassa, por bagaço e rejeitos agrícolas (GOLDEMBERG e LUCON, 2008, p.269-270).

Entretanto, na década de 1990 a queda nos preços internacionais do petróleo reduziu o preço relativo da gasolina e os produtos de álcool deram preferência à produção de açúcar para exportação, ameaçando o futuro do Programa. O mercado consumidor perdeu a confiança e a venda de novos automóveis usando etanol diminuiu radicalmente. Essa tendência só se reverteu a partir de 2003, com o lançamento no país dos veículos flexíveis (*flexible fuel vehicles* ou FFVs). Com os *flex* o consumidor passou a ter total liberdade de escolha, balizada principalmente pelo preço[14]. Os recentes avanços tornaram a tecnologia *flex* relativamente barata e com emissões de poluentes regulamentados próxima ou menor que a da gasolina e emissões de GEE menores. Em 2006, a frota de veículos *flex* no país atingiu a marca de dois milhões, com mais de 70% das vendas de veículos novos, oferecidos por sete multinacionais. No futuro, deve-se

[13] A composição do gasool é definida pelo governo, podendo variar entre 20% e 25% de álcool anidro (E20 a E25). Sob o ponto de vista ambiental, a mistura E25 é preferível, mas em períodos de entressafra, de novembro a abril, a oferta pode se reduzir, levando a uma determinação de misturas com menos etanol.

[14] Devido ao menor poder calorífico do etanol em relação ao da gasolina, o consumidor dá preferencialmente dá preferência ao álcool quando seu preço na bomba é inferior a 70% do preço do gasool.

esperar um maior desenvolvimento dos motores *flex-fuel*, com maior desempenho e redução das emissões. Essa evolução é esperada, como já indicado em estudo preparatório do Plano Nacional de Energia 2030, mencionando estimativas do governo americano de que o consumo específico passaria de 14,4 quilômetros por litro em 2015 para 15,3 quilômetros por litro em 2030 (MME, 2008).

Em termos práticos, a adição de etanol à gasolina já possui alguns resultados. Entre1990 e 1994, as emissões evitadas pelo consumo de etanol foram de aproximadamente 72.000 GgCO_2 (MCT, 2006b, p.14). Mais recentemente, o progressivo aumento da parcela de álcool anidro na mistura da gasolina nacional vem reduzindo o ritmo no aumento das emissões líquidas de CO_2 (MCT, 2006b, p.13). A produção e uso de etanol no Brasil apresentam uma excelentes redução de emissões de GEE de 30 MtCO_2eq/ano. O setor (incluindo açúcar) promove redução equivalente a 18% das emissões dos combustíveis fósseis no país (NAE, 2005a, p.195). Além das reduções de emissões, outros motivos podem ser apontados para a difusão dessa alternativa por outros países do mundo, especialmente os em desenvolvimento, como a pequena área que a cana ocupa para produzir muita energia e a possibilidade da formulação de projetos MDL. Da mesma forma que o Proálcool se iniciou com a mistura de etanol à gasolina, a adoção mandatória de E10 (10% de álcool na gasolina) parece ser o caminho recomendável para a introdução do etanol em países que dispensem um grande volume de recursos com importações de derivados de petróleo (GOLDEMBERG e LUCON, 2008, p.270).

Uma planta-padrão de etanol com capacidade de moagem de dois milhões de toneladas por ano (safra de seis meses) custa em torno de US$ 150 milhões. Para abastecer a planta, serão necessários 33mil hectares de terra cultivada com cana (a produtividade é de 70 a 100 litros por tonelada de cana e 60 a 100 toneladas de cana por hectare). Tal planta pode produzir por ano duzentos milhões de litros de etanol, o que é suficiente para suprir cem mil veículos por ano com E100 (álcool puro) ou um milhão de veículos por ano com uma mistura de 10% (E10). A usina-padrão mitiga emissões da ordem de 564 mil toneladas por ano de CO_2eq. É possível ainda gerar uma potência excedente de 24,7 MW durante a safra, a um custo de capital da ordem de US$ 24,3 milhões (ou US$ 700/kW instalado). Reformar usinas existentes é uma alternativa mais barata, porém sem a mesma eficiência (GOLDEMBERG e LUCON, 2008, p.271). Segundo a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO – *Food and Agriculture Organization of the United Nations*) (FAO, 2007), cerca de 29 milhões de ha de terra são suficientes para abastecer com 10% de etanol (E10) todos os carros a gasolina do mundo, uma pequena fração da párea de culturas primárias do planeta, que em 2006 foi de 1042Mha. Para se adotar uma porcentagem maior de etanol adicionado à gasolina, inicialmente os problemas seriam a falta de infra-estrutura nos postos de abastecimento (ao contrário do Brasil, onde já existem tanques e bombas para o biocombustível) e a resistência dos fabricantes de automóveis locais (pois um novo combustível implica uma série de testes e outros custos).

Contudo, outros pontos de vista hão que ser avaliados. Na ausência do carbono verde, o cultivo de culturas precursoras de biocombustíveis podem ser super-

incentivados, levando a emissões de GEE se não feitos corretamente. A conversão de florestas, turfeiras, savanas e pastos/gramados para produção dessas culturas base no Brasil, sudeste asiático e EUA criam um débito de carbono de biocombustíveis, por emitir de 14 a 420 vezes mais CO_2 que as reduções promovidas pela substituição aos combustíveis fósseis. Em contraste, biocombustíveis produzidos a partir de resíduos de biomassa e safras crescidas em terras agricultruráveis degradadas não resultam em nenhum débito de carbono (CDP, 2009a, p.15).

Outra medida passível de ser adotada é a utilização do Gás Natural Veicular – GNV. Existem diversos trabalhos que propõem a substituição do combustível diesel por gás natural veicular - GNV e cotejam as diferentes eficiências de rendimento e de padrões de emissões (ANDRADE, 2009; CONCEIÇÃO, 2006; NOGUEIRA, 2006; OLIVEIRA FILHO, 2006; OLIVEIRA JÚNIOR, 2005; VILLANUEVA, 2002). De acordo com os estudos realizados, o potencial benefício ambiental advindo da substituição do Diesel pelo GNV no transporte público urbano é bastante expressivo, justificando a inclusão deste fator como mais um parâmetro a ser considerado numa análise global da alternativa de substituição. Tal proposição é fundamentada no estudo das emissões geradas por cada tipo de combustível e observação comparativa entre as mesmas. Isto torna-se claramente perceptível quando da visualização dos valores para os fatores de emissão estabelecidos pelo IPCC (Tabela 11) e do cotejamento entre os mesmos, analisando-se a variação percentual entre eles (Tabela 2).

Tabela 2 - Variação percentual entre os fatores de emissão para o GNV e os demais energéticos.

	Índices GNV (kg/TJ)	**Variação (%) para os índices dos energéticos**			
		Gasolina	**Etanol**	**Diesel**	**Biodiesel**
CO_2	56.100	- 19,05	- 20,76	- 62,15	- 60,38
CH_4	92	178,79	411,11	1.079,49	-
N_2O	3	-0,06	-	- 61,54	-

Examinando, portanto, tais índices de emissão, vê-se que para os gases CO_2 e N_2O existe um significativo potencial de redução das emissões do GNV, quando confrontado com os demais energéticos. Embora para o metano verificar-se-ia um aumento percentual excessivo de emissões, isto é superado em importância pela ampla redução das emissões de CO_2, por serem estas efusivamente mais vultosas quanto ao seu potencial como GEE. Watt (2001, grifo nosso), em um relato geral acerca das experiências internacionais com a substituição de combustíveis fósseis por GNV, denota que os “benefícios relacionados à redução de emissões de GEE dos usos finais do gás natural são tipicamente avaliados em cerca de 10%, proporcionada **desde a produção até o consumo**, em relação a combustíveis derivados de petróleo”.

Acrescidas às motivações exposta acima, Oliveira Filho (2006) coloca que a substituição de diesel por gás natural (no caso do Brasil) possui também motivações de ordem energética, em termos econômicos e de segurança energética. A mesma é pautada na busca por equilibrar a matriz energética nacional, ao reduzir a importação de petróleo (e dependência dos países exportadores) e intensificar o uso do gás natural. O autor expõe que tal motivação é:

> oportuna nos países onde esta fonte de energia é abundante, tanto por oferta em função de produção doméstica como por importação em condições econômicas e estratégicas vantajosas em comparação com as condições de oferta de petróleo. O Brasil se enquadra nesse perfil, tanto porque ainda importa petróleo para suprir parte da demanda de diesel, como também em função da situação favorável de oferta doméstica de gás natural e de perspectivas favoráveis em longo prazo.

As reservas mundiais de Gás Natural aumentaram muito nos últimos anos, em uma proporção superior ao aumento do consumo. No Brasil, as reservas comprovadas, evoluíram de 164 bilhões de metros cúbicos em 1997, para 640 bilhões em 2003 (OLIVEIRA FILHO, 2006). Tais informações reforçam o dito de que medidas como a adição/substituição de combustíveis fósseis por biocombustíveis e GNV, apesar de paliativas, são convidativas, por atenderem a interesses sócio-econômicos vigentes, preparando os horizontes para a adoção de medidas mais ambientalmente eficazes.

Conforme delineado, as medidas de adaptação do sistema produtivo/social ao contexto das mudanças climáticas somente adquirirão plena eficiência ou implantação em médio e longo prazos. Assim, faz-se necessária a assunção conjunta de medidas de mitigação das concentrações atmosféricas de GEE exacerbadas. Uma dessas medidas, é a tecnologia de Captura e Seqüestro de Carbono (CCS – *Carbon Capture and Storage*). A CCS pode ser feita através de tecnologia de retirada do CO_2 da atmosfera como também pelo reflorestamento, conforme atividade vegetal de incorporação do CO_2 à biomassa. A CCS na própria fonte emissora ou em depósitos abandonados em águas marinhas profundas é uma opção técnica a ser considerada quando a principal preocupação é o efeito estufa. Cerca de um terço de todas as emissões de CO_2 das fontes de energia baseadas em combustível fóssil vem de usinas termelétricas, um foco prioritário de controle. Se não houver vazamentos, o gás não vai pra atmosfera.

A idéia de capturar CO_2 dos gases que saem das chaminés das usinas elétricas não começou com preocupações sobre o efeito estufa, mas como uma possível fonte de gás carbônico comercial, caso da indústria de bebidas e de gelo seco. Foram construídas e operam nos EUA várias usinas de recuperação CO_2, mas a maioria foi fechada por motivos econômicos (GOLDEMBERG e LUCON, 2008, p.228). Esse é um exemplo de uma tecnologia motivada inicialmente pelo fator econômico, mas que pela necessidade e, quem sabe, idealmente pela conscientização, pode vir a nos servir, sendo usada sob o aspecto ambiental, que reflete e reverbera em todos os demais. Outro exemplo é relacionado às crises mundiais do petróleo, que alertaram para a necessidade de

investimento em tecnologias mais racionais de utilização dos insumos, menos dependentes e menos intensivas em recursos naturais (SOUSA, 2006, p.9).

Para o uso das tecnologias propostas para CCS, todavia, existem ainda alguns empecilhos. Uma vez capturado o CO_2, há o problema de removê-lo. A utilização com fins comerciais é extremamente limitada e ainda não há incentivo econômico em se capturar CO_2. Fora isso, há o risco de vazamentos do CO_2 de volta para a atmosfera e, conforme o caso, na alteração na composição da água do mar[15]. Os empecilhos tecnológicos são que, em geral, os processos de CCS requerem uma grande quantidade de energia, reduzindo a eficiência de conversão da usina e a potência disponível, e aumentando, portanto, a quantidade de CO_2 produzida por unidade de eletricidade gerada. Existem diversas tecnologias de CCS com diferentes custos energéticos: peneiras moleculares, fracionamento criogênico, separação por membrana e outras. A tecnologia CCS, aliada à produção de hidrogênio faz parte de uma proposta de descarbonização dos combustíveis fósseis, mas que ainda pode ser considerada futurística (GOLDEMBERG e LUCON, 2008, p.228).

Apesar da tecnologia de CCS ser mais ligada às termelétricas (a carvão e gás natural), nada impede que esta seja aplicada em usinas de geração de eletricidade por biomassa (caso do bagaço de cana). Nesse caso, as emissões líquidas de CO_2 seriam negativas, pois o carbono da atmosfera foi sintetizado nas plantas, transformado em energia e injetado no subsolo. O que em tese é interessante, na prática encontra grandes dificuldade. Uma delas seria transportar o CO_2 da fonte ao depósito final, quer por uma rede de gasodutos (que poderia implicar em dificuldades com proprietários de terras e áreas ecologicamente sensíveis), quer por transporte rodo-ferroviário (que poderia sobrecarregar ainda mais a infra-estrutura e poderia necessitar de mais energia).

Também o reflorestamento é uma alternativa de CCS para reincorporar o carbono da atmosfera no solo, acarretando outros benefícios adicionais, como a recuperação da biodiversidade e de áreas degradadas. A alternativa inclui não só reflorestar, mas preservar também, visto que o desmatamento emite cerca de 1,6 bilhões tCo_2eq todo ano, uma grande quantia de magnitude comparável aos 6 bilhões de t/ano emitidos pela utilização de combustíveis fósseis (GOLDEMBERG e LUCON, 2008, p.287). Dentre as diversas práticas relacionadas, podem ser citadas:

a) Reflorestamento de matas já cortadas ou queimadas;
b) preservação de florestas, possibilitando seu crescimento;
c) adoção de práticas agroflorestais;
d) estabelecimento de plantações de biomassa de madeira com curta rotação;
e) aumento do ciclo de rotação das florestas;
f) adoção de métodos de colheita e extrativismo de baixo impacto; e
g) modificação das práticas de administração florestal enfatizando a armazenagem de carbono.

---

[15] Em altas concentrações, o CO_2 é tóxico e pode levar a mortes, como ocorreu na República dos Camarões em 1986, quando um vazamento vulcânico no lago Nyos matou mais de 1700 pessoas, além de gado e animais silvestres (GOLDEMBERG e LUCON, 2008, p.228).

Enquanto uma estratégia de reflorestamento (i.e. imobilização da terra como um sorvedouro de carbono da atmosfera) parece ser mais atraente nas florestas temperadas ou boreais, uma estratégia agroflorestal (o plantio de florestas para usos energéticos e não-energéticos) parece mais apropriada para as áreas tropicais devido à rápida rotação que pode ser obtida do crescimento florestal. Enquanto aproximadamente vinte toneladas de carbono por ano por hectare podem ser capturadas nas áreas tropicais, nas florestas temperadas as taxas de captura típicas são de aproximadamente cinco tC/ano por hectare (GOLDEMBERG e LUCON, 2008, p.287). Assim, um dos maiores benefícios do reflorestamento pode ser a diminuição da pressão extrativa sobre as florestas. A vantagem do reflorestamento na CCS é sua compatibilidade com as práticas agrícolas, podendo inclusive trazer aumento em sua produtividade.

Contudo, há que se observar que a remoção do carbono da atmosfera e sua reincorporação na forma de biomassa só acontece enquanto as plantas estão crescendo. O reflorestamento contribui, portanto, apenas temporariamente para a estabilização das concentrações atmosféricas de carbono. Após esse período, a floresta deverá ser mantida intocada ou ser reposta periodicamente, para que não haja nova liberação de carbono na atmosfera. Dessa forma, se o projeto florestal for composto de uma só espécie, haverá a criação de um ‘deserto verde’ perene. Isso pode se justificar em alguns casos (e.g. produção de carvão vegetal para a metalurgia substituindo o carvão mineral), mas não em todos. É preciso prevenir também o fenômeno chamado de ‘vazamento’ (*leakage*), qual seja a indução de desmatamento em outra região por causa da preservação de uma área reflorestada.

Há soluções possíveis para esses problemas como o reflorestamento de áreas degradadas, *e.g.* matas ciliares ao longo de rios, que podem ser recuperadas com espécies nativas, formando corredores de biodiversidade considerados áreas de preservação permanente (APP). Segundo o IPCC (2007a), parece ser possível o reflorestamento de quinhentos milhões de hectares de terras degradadas nos trópicos e de cem milhões na Europa. Havendo o reflorestamento de todas essas terras, 50-150 bilhões de tCO_2eq poderiam ser retiradas da atmosfera num período de cem anos (0,5-1,5 $GtCO_2eq$/ano) contribuindo significativamente para um adiamento do aquecimento global.

Goldemberg e Lucon (2008, p.287), argumentam que esta possibilidade é viável financeiramente. Tendo em conta que os custos da absorção do carbono variam de US$ 9/tCO_2eq a US$65/$tCO_2eq$ na América do Norte e chegam até US$ 7/tCO_2eq em países tropicais, é razoável aceitar a possibilidade da captura de 1GtCeq/ano (ou aproximadamente 20% das emissões de combustíveis fósseis hoje) pelo reflorestamento de 500 milhões de hectares a um custo de US$ 10/tCeq. Isso representaria um gasto total de US$ 10 bilhões por ano, ou menos do que 0,1% do PIB mundial. A maior parte das outras estratégias para atingir o mesmo objetivo requer custos pelo menos dez vezes maiores. Além disso, podem ser tirados proveitos pela conformação destes reflorestamentos em projetos MDL (quando se derem em países em desenvolvimento), compensando os gastos e podendo até resultar em lucratividade.

Entretanto, somente ‘plantar árvores’ não resolve o problema das alterações climáticas uma vez que não altera os padrões insustentáveis de produção e consumo. Enquanto as áreas degradadas são recompostas uma única vez com o plantio de árvores, as emissões se manteriam ao longo do tempo. Como dito, as árvores absorvem carbono durante seu crescimento, e uma vez crescidas, o ciclo praticamente se consolida e seriam necessárias mais árvores – e terras – para compensar as emissões contínuas. Assim, o reflorestamento é uma das possíveis medidas de compensação de emissões, uma contribuição voluntária para retirar o carbono da atmosfera, reincorporando-o à vegetação. Representa também uma forma de recompor áreas degradadas com vegetação nativa, dessa forma prestando à sociedade diversos serviços ambientais (de qualidade de vida), como a recuperação da biodiversidade, proteção do solo contra a erosão e desertificação, amenização do microclima e disponibilização de áreas de lazer.

As melhores ações possíveis (no sentido de serem as mais duradouramente eficazes) dizem respeito à prevenção, pela qual se evita a emissão na própria fonte. Se não for possível evitá-la em sua totalidade, esta deve ser minimizada ao máximo com medidas de eficiência na produção e no consumo de bens e serviços. Na caminhada para a difusão dos conhecimentos e conscientização acerca da responsabilidade social (governos, empresas e cidadãos) em evitar os impactos decorrentes das mudanças climáticas, existe a necessidade de se recorrer a instrumentos econômicos que possam granjear resultados em curto e médio prazo.

No âmbito das políticas financeiro-econômicas, o relatório Stern (2006), elenca três elementos necessários para uma resposta efetiva: a) dar um preço ao carbono por taxas, comércio ou regulamentos; b) apoio à inovação e desenvolvimento de novas tecnologias; c) remoção de barreiras à eficiência energética, informação e educação sobre as mudanças climáticas. Para isso, a Convenção do Clima e o Protocolo de Quioto fornecem as bases de cooperação, mas ações mais fortes são necessárias ao redor do planeta. Diferentes abordagens de acordo com as circunstâncias contribuem, mas ações individuais não bastam e é essencial criar uma visão internacional sobre metas de longo prazo. Elementos chave desse arcabouço incluem: o comércio de emissões; metas ambiciosas; ações para reduzir o desmatamento; adaptação e assistência ao desenvolvimento; e mecanismos de financiamento internacional.

Sob uma perspectiva regulatória, há duas tendências na lida com as mudanças climáticas. Uma segue o caminho de acordos voluntários, rotulagem de produtos e escolha dos consumidores. A outra recai sobre as autoridades, com responsabilidade de legislar acerca da internalização dos danos nos preços dos produtos ou custos empresariais. É importante que haja um equilíbrio entre as duas, estimulando a inovação de tecnologias mais limpas e produção mais inteligente através da pressão de mercado e regulamentações governamentais (WEIDEMA, 2008, p.3).

Novamente, vê-se que a superação do desafio das mudanças climáticas demanda uma mudança de postura, de forma que, mediante a vontade política, tais barreiras possam ser vistas como dificuldades a serem vencidas com a aplicação de soluções reais. Um detalhamento dessa situação, visando à proposição de soluções, pode ser encontrado no relatório ‘A Transição para um Sistema Energético Sustentável', sendo este

o resultado de um estudo de dois anos realizado pelas Academias de Ciências de todo o mundo – tendo partido da China e Brasil, e inclusas as dos Estados Unidos, da Inglaterra, da França e da Rússia. O relatório representa a visão de cientistas altamente qualificados, expõe o problema com objetividade e analisa as possíveis soluções, sem nenhuma consideração de caráter político – sem indicar o que os governos (e outros setores da sociedade) devem fazer ou como, mas alertando as autoridades sobre o que é preciso ser feito (GOLDEMBERG e LUCON, 2008, p.351). As recomendações contidas nesse relatório constituem um amplo ‘*menu*’ de soluções que representa o melhor que os cientistas de todo o mundo podem sugerir às autoridades, competindo, porém, aos governos escolher as que são mais adequadas às características próprias dos seus países. Os conselhos são, basicamente, os seguintes:

a) Para os países industrializados do Hemisfério Norte, a melhor solução (e mais barata) é o aumento da eficiência energética, ou seja, a economia de energia, para o que já existem tecnologias disponíveis. A energia está sendo usada por esses países de forma ineficiente. Melhorar essa eficiência não prejudicará em nada a qualidade de vida das populações, como mostra o exemplo da Califórnia, onde o consumo de eletricidade *per capita* é hoje o mesmo de vinte anos atrás;
b) para os países em desenvolvimento, a estratégia é adotar, no seu processo de crescimento, as melhores e mais eficientes tecnologias (evitando repetir o caminho seguido no passado pelos países industrializados);
c) usar de forma crescente energias renováveis, que além de oferecer imensas oportunidades para progresso tecnológico e inovação, resolvem simultaneamente os problemas de mudanças climáticas e de segurança energética. Exemplos de sucesso são os programas de etanol da cana-de-açúcar do Brasil, a ampla utilização de energia eólica na Alemanha e na Espanha e a energia fotovoltaica no Japão;
d) promover o desenvolvimento de tecnologias de armazenagem de energia, para reduzir substancialmente os custos e desacelerar o consumo de recursos naturais finitos;
e) introduzir tecnologias para Captura e Seqüestro de Carbono (CCS – *Carbon Capture and Storage*), a fim de reduzir a concentração atmosférica de CO_2, desde que comprovadamente viáveis do ponto de vista técnico, econômico e ambiental;
f) solver os problemas referentes ao uso da energia nuclear, relacionados a custos, segurança, disposição dos resíduos radioativos e proliferação de armas nucleares, a fim de que sua utilização possa ser expandida.

A adoção de tais alternativas perpassa, contudo, pela superação de barreiras históricas, as quais evidenciam a existência de um fosso entre as melhores tecnologias disponíveis para a redução da poluição e as tecnologias utilizadas na prática. Este abismo é fundamentalmente sustentado pelos interesses político-econômico, que estagnam o desenvolvimento para a sustentabilidade e, por isso, fomentam a conservação de diferenças substanciais entre o que as usinas e equipamentos existentes devem ser capazes de atingir em termos de eficiência e o que de fato é alcançado.

Na prática, essas diferenças surgem de uma combinação de dois fatores principais, além dos atrasos naturais que ocorrem como resultado da necessidade de investimento em novos equipamentos: a) custos ocultos do uso da tecnologia (e.g. menor confiabilidade, comum nos sistemas novos) e o fato de que as várias tecnologias disponíveis não fornecem exatamente o mesmo serviço (e.g. conforto e liberdade dos automóveis particulares comparados com os sistemas urbanos de transporte coletivo); b) incertezas sobre os preços futuros; carência de informação; processos de decisão deficientes; estrutura de mercado imperfeita; e deficiências institucionais, incluindo regulamentações restritivas e direito de propriedade (GOLDEMBERG e LUCON, 2008, p.313).

O solucionamento de tais questões vigorantes há de provir pela conscientização dos gestores dos processos produtivos e sistemas político-econômicos, a saber empresas e governos, sobre os quais recai a responsabilidade pela reversão das alterações climáticas. São estes quem detêm o poder para desparadigmizar uma série de premissas falsamente favoráveis a um desenvolvimento da humanidade. No cenário atual, seja pela imposição de medidas, pela percepção das vantagens advindas da redução de emissões de GEE, ou pela conscientização, a Responsabilidade Socioambiental – RSE no tocante às mudanças climáticas antropogênicas começa a aflorar.

2.3 A Responsabilidade Socioambiental Empresarial ante às Mudanças Climáticas

Ao longo da história da humanidade, o desenvolvimento dos processos produtivos vem estabelecendo os padrões morais e socioeconômicos das diversas sociedades; e prescrevendo o crescimento e relações de domínio entre as mesmas. Tais crescimentos e relações são regidos, em menor ou maior grau, por um fator em comum, e inerente a todo processo produtivo – a busca pela eficiência. Pode-se mesmo afirmar que o grande motivador do desenvolvimento dos processos produtivos no decorrer do tempo é a busca pela melhoria, pelo aumento da eficiência, almejando-se o ideal máximo da rentabilidade. Mesmo em face de obstáculos encontrados, tal busca impele os progressivos triunfos das geniosidade e engenharia humanas, responsáveis pelo aprimoramento continuado dos processos produtivos, os quais servem como *feedback* às novas invenções e ações criadas e implementadas. Todavia, existem limitações ao desenvolvimento incomensurável dos processos produtivos.

A 2ª Lei da Termodinâmica, conforme enunciado de Kelvin-Plank, postula a assimetria entre Trabalho e Calor, definindo ser impossível construir uma máquina ou processo produtivo que retire Calor de uma fonte e o converta integralmente em Trabalho, ou seja, nenhum processo converte Calor em Trabalho com eficiência total, alguma Energia é sempre perdida por dissipação para uma região de menor temperatura, caracterizando o conceito de Entropia. Não obstante às implicações decorrentes desta Lei, os homens, ao se sentirem impelidos pela busca da eficiência, buscam a máxima aproximação da perfeição. Há, contudo, um grande porém.

Graças ao seu intelecto, o homem tenta criar um mundo próprio supostamente independente do mundo natural, um mundo da economia global, baseada na tecnologia. Mas, por que da sua baixa autonomia local, ou insustentabilidade, os 'ecossistemas' gerados pelo homem apresentam como característica marcante um nível elevadíssimo de entropia, gerando potenciais impactos socioambientais. Isso é resultado do modelo de crescimento econômico adotado, fundamentado no lucro a qualquer preço e atrelado à lógica do aumento da produção, sem o devido respeito à capacidade natural de recomposição dos ecossistemas. Stahel (1998, p.105) esclarece que a insustentabilidade é consequência da falta de equilíbrio entre as duas forças, que seguem em direções opostas:

> Enquanto a lei da entropia aponta para os limites materiais e energéticos, o capital aponta para uma necessidade inerente de expansão infinita. [...] Enquanto a entropia aponta para uma questão qualitativa, o desenvolvimento do capitalismo é orientado e sancionado pelas regras quantitativas do mercado.

Historicamente, as disparidades existentes nos sistemas políticos e econômicos têm sido promovidas e perpetuadas pela exteriorização dos custos socioambientais, proporcionando, na economia mundial, o desenvolvimento de estruturas não-sustentáveis e crises sociais e ambientais (MASSARAT, 1997, p. 30). Por muito tempo, o progresso foi vislumbrado somente sob o ângulo de visão econômico, não incluindo os campos social e ambiental, pois, mesmo que não considerada ou valorizada, a questão das externalidades há muito é conhecida. Tomando como exemplo, as emissões de GEE, Platão, em 400 a.C., relatou seu lamento pelas florestas perdidas, descritas por Homero séculos antes, que haviam coberto as montanhas estéreis da Grécia. A destruição das florestas gregas foi motivada pelo uso da madeira para a construção de navios e fornalhas usadas para produzir armas, mas o lamento contemplava a perda do serviço ambiental prestado pelas árvores, incluindo o equilíbrio do CO_2 atmosférico (GOLDEMBERG e LUCON, 2008, p.27). No início do século XX, Pigou (1920 *apud* MASSARRAT, 1997) relatou ser uma falha a emissão de fumaça pelas chaminés das fábricas, e que a mesma deveria ser adicionada à contabilização dos custos totais das empresas responsáveis. A contabilização das externalidades sociais e ambientais de um processo realmente implicam em muitas dificuldades teóricas e práticas, devido à complexidade de variáveis envolvidas e suas interações. Tais fatores requerem estudos custosos para valoração das externalidades, mas o que é perfeitamente possível. O real motivo pelo qual não se promovia a valoração das externalidades é que as mesmas não fazem parte das transações mercantis, ou seja, não possuem expressão monetária corrente e, portanto não geram lucro (a primeira vista) (VASCONCELLOS e OLIVEIRA, 1998).

Assim, anteriormente, acreditava-se que os recursos naturais eram infindáveis e que o livre mercado seria capaz de regular e maximizar o bem estar social, independente dos danos ambientais causados pelas atividades antrópicas. A teoria econômica

convencional tratava apenas da alocação de recursos escassos, e por a natureza não ser considerada fator limitante, a variável meio ambiente não era incorporada aos modelos econômicos de outrora (SOUSA, 2006, p.9). Disto resulta que o aprimoramento dos processos produtivos ocorreu fracionado, somente sob um aspecto, e em detrimento e, pior, a custa de prejuízos socioambientais. Isto é claramente exposto pelo uso e validação pelas empresas dos atuais conceitos de Responsabilidade Empresarial.

Segundo Ferreira (2004), o verbete responsabilidade significa "Que, ou aquele que responde pelos seus atos ou pelos de outrem; que tem condições morais ou materiais de assumir compromisso [...]. / Que deve prestar contas perante certas autoridades. / P. ext. Culpado, causador [...]". O conceito abrange todos e quaisquer atos e não possibilita outra conotação sequer, que pudesse fragmentar o dever de responder. Desta forma, a palavra 'responsabilidade' deveria, de antemão, possuir um sentido holístico e abarcar todas as dimensões devidas referentes a um sistema produtivo (Figura 11).

Figura 11 - Intervenientes relacionados à empresa. Adaptado de: CARROLL (2008).

Entretanto, historicamente, a responsabilidade empresarial (fragmentada) foi atribuída somente ao aspecto econômico, demandando, por isso, o incremento das terminologias 'social', 'ambiental' ou 'socioambiental' à 'Responsabilidade Empresarial", mascarando-se com pretensos epítetos a verdadeira – plena - responsabilidade. Todas essas terminologias podem ser condensadas no termo 'Responsabilidade Social/Socioambiental Empresarial' - RSE (do inglês *Corporative Social Responsibility*), o qual será utilizado neste estudo e definido conceitualmente, conforme ETHOS (2009), por:

> Forma de gestão que se define pela relação ética e transparente da empresa com todos os públicos com os quais ela se relaciona e pelo estabelecimento de metas empresariais que impulsionem o

> desenvolvimento sustentável da sociedade, preservando recursos ambientais e culturais para as gerações futuras, respeitando a diversidade e promovendo a redução das desigualdades sociais (ETHOS, 2009).

A definição evidencia que, hodiernamente, a RSE já atingiu um elevado patamar, enquanto demarcação teórica-conceitual. Nash (1989), ao discorrer acerca de uma ‘história da ética ambiental’ associa a ampliação da noção de direitos a uma ‘evolução da ética’, que, originalmente circunscrita ao ‘direito natural’ de um grupo limitado de seres humanos, expandiu-se para os ‘direitos da natureza’ e ‘do bem estar social’. Volpon (2006, p.30, **grifo nosso**) faz uma análise de que “a **visão** de uma empresa quanto às suas responsabilidades está relacionada a como esta empresa mede a performance dos **recursos comprometidos** com o atendimento desta visão”. A identificação, concernimento e tomada de atitudes favoráveis para com (todos) os recursos e partes envolvidos (influenciadores e influenciados) com o sistema produtivo de uma organização é justamente o que propõe a RSE, a qual vem granjeando honradez e tornando-se mais concreta pelos benefícios sucedâneos e necessidades prementes. Em termos de conscientização e consecução prática, nota-se que apesar de ainda prevalecer o aspecto econômico (estritamente), os aspectos social e ambiental (este mais recentemente) vem ganhando importância para os sistemas produtivos.

No livro ‘Administração de Produção e Operações’, Gaither e Frazier (2002, p.5) definem sistema produtivo como o processo que “transforma insumos – matérias-primas, pessoal, máquinas, prédios, tecnologia, dinheiro, informação e outros recursos – em saídas – produtos e serviços”, e, ao detalhar o sistema de produção, incluem os aspectos sociais e ambientais como saídas (*outputs*) do processo (Figura 12). Os autores expõem que “Curiosamente, muitas vezes negligenciamos os produtos indiretos dos sistemas de produção – *e.g.* impostos, lixo e poluição, avanços tecnológicos, remunerações e salários e atividades de alcance comunitário”. Os autores ainda assumem que:

> Não obstante eles não receberem a mesma atenção que as saídas de bens e serviços que geram as receitas que perpetuam os sistemas, os produtos indiretos são tanto causa de preocupação como de orgulho. A consciência de que esses fatores são **de fato** produtos de nossos sistemas de produção faz com que os gerentes de produção realizem seus trabalhos **mais eficientemente** *(*GAITHER e FRAZIER, 2002, p.16, **grifo nosso**).

A análise de como e quanto as empresas devem efetivamente investir em RSE pode ser determinado por uma análise de custo-benefício, considerando-se fatores como gastos em pesquisa e desenvolvimento, publicidade, diferenciação do produto, renda do consumidor, estágio atual da indústria, além da possibilidade de economias de escala e escopo. Apesar das práticas socialmente responsáveis resultarem em custos maiores, as receitas também aumentam e, assim, as empresas continuam igualmente lucrativas, pois os consumidores que valorizam a responsabilidade social corporativa se mostram

dispostos a pagar preços maiores por produtos socioambientalmente éticos; além de ocorrer a redução da probabilidade de acidentes, processos judiciais e boicotes. Logo, as questões ecológicas têm fundamental importância, pois em um ambiente de incertezas jurídicas, econômicas e sociais, o permissível hoje pode ser proibido amanhã, prejudicando a empresa que não está preparada para mudanças rápidas de posicionamento e atitude (VOLPON, 2006, p.29).

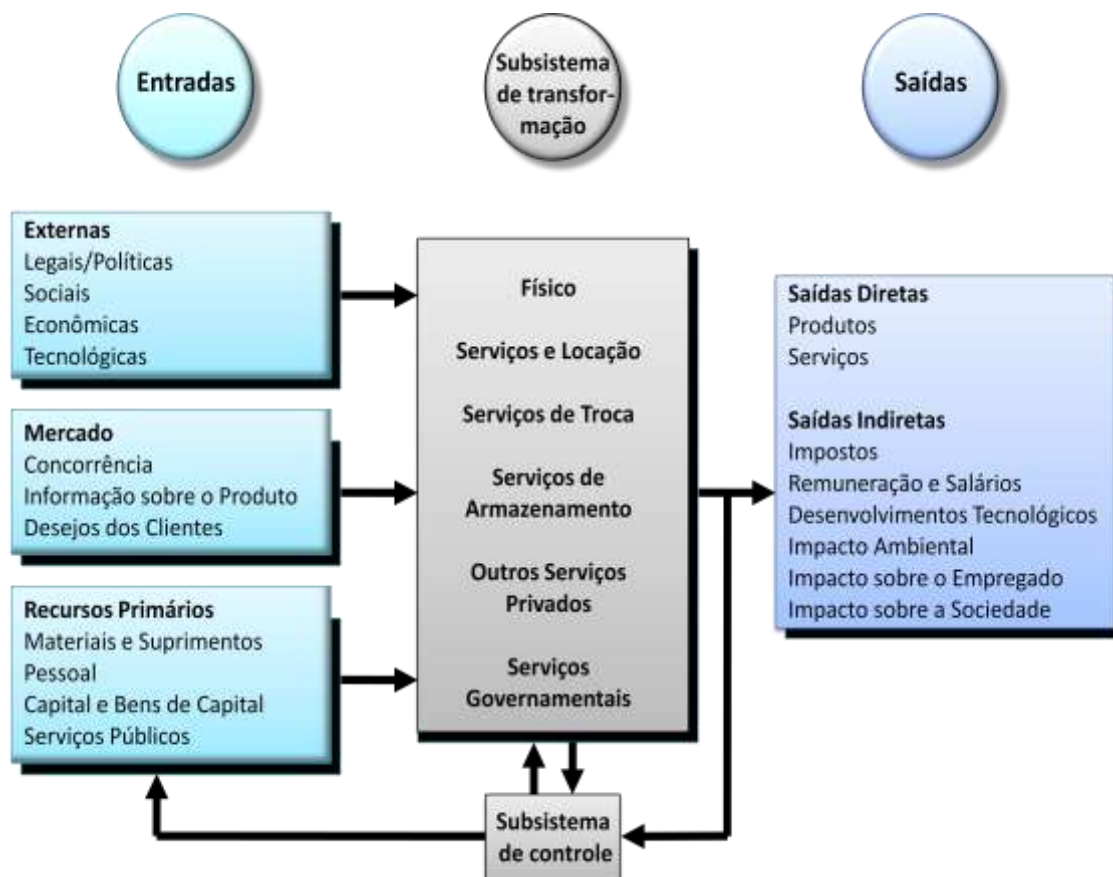



Figura 12 – Modelo de um Sistema de produção. Adaptado de: Gaither e Frazier (2002).

No futuro, o desenvolvimento sustentável será das maiores oportunidades da história dos negócios e cabe aos executivos liderar este caminho. Segundo Hart (1997, p.75), as empresas devem assumir o papel de educadoras, direcionando a preferência dos consumidores por produtos e serviços consistentes com a questão de sustentabilidade. Nessa linha de compreensão, pode se apreender a RSE pode ser subdividida em uma responsabilidade ‘exigida’ – segundo obrigações legais e motivadas, portanto, por agentes externos; e uma responsabilidade ‘interna’ – praticada pela consciência, segundo a convicção do que é correto a ser feito. A responsabilidade interna engloba a anterior, mas a estende para além dos requisitos legais (SOUSA, 2006, p.14).

No tocante às mudanças climáticas, as emissões de GEE, antes tidas como externalidades dos processos produtivos, vem sendo integradas à RSE, seja por motivações externas – obrigações legais e pressões de mercado e sociedade –, seja por motivações internas – pelo meritório reconhecimento das mesmas como produto dos processos produtivos que causam interferência. Conjuntamente à exposição da RSE praticada ante às mudanças climáticas, é de serventia conhecer o contexto político-governamental mundial acerca das políticas e ações previstas e aplicadas pelas nações.

2.3.1 Cenário mundial

Estudos constatam que, não obstante à ampla divulgação dos efeitos adversos das mudanças climáticas, as emissões globais de CO_2 aumentaram em 1,94% de 2007 para 2008 (o equivalente a 31,5 bilhões de toneladas métricas), sendo o décimo ano seguido em foram registrados recorde de emissões. Quando contabilizadas desde 1990, as emissões mundiais se expandiram em 40%, e os países tiveram acréscimo de: China, 178%; Indonésia, 149%; Índia, 125%; Brasil, 79%; Espanha, 60%; Canadá, 44%; EUA, 17%; dentre outros. Já a Alemanha e o Reino Unido contabilizaram reduções de 17% e 7% respectivamente (Figura 13) (IWR, 2009).

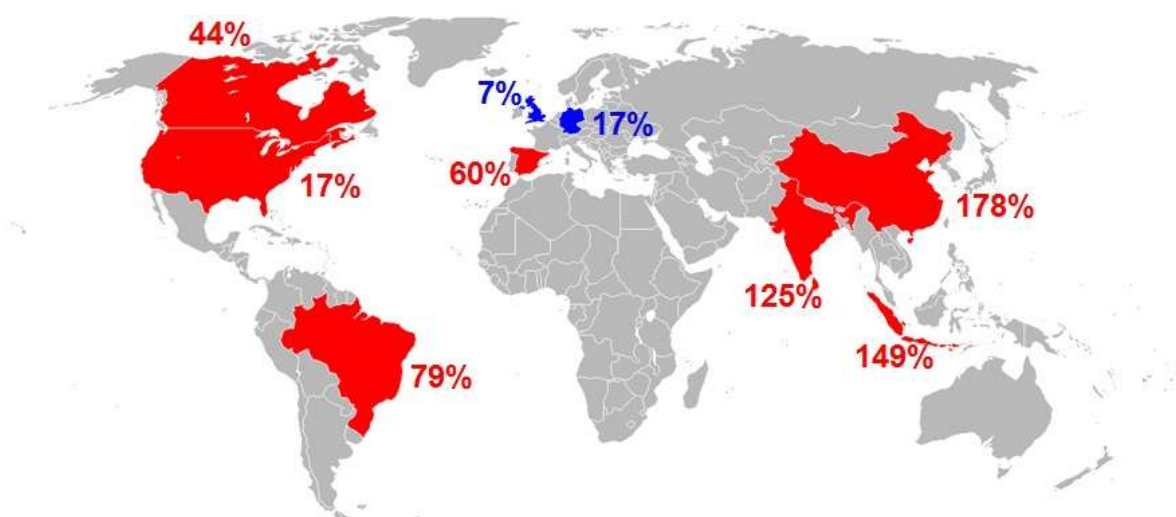



Figura 13 - Variações percentuais de emissões de GEE por país de 1990 a 2008 - acréscimos em vermelho, decréscimos em azul. Fonte: WRI (2009)

Avaliando que o G-20 (20 maiores potências econômicas mundiais) abrange 66% da população mundial, 90% da produção do PIB mundial, 80% da emissão de GEE e o comando da maior parte dos US$ 150-250 de subsídios anuais aos combustíveis fósseis,

o UNEP acredita que uma porção significativa dos estimados US$ 3,1 trilhões empregados na economia para recuperação da derradeira crise econômica mundial deveria ser aplicada em cinco áreas críticas: eficiência energética nas construções; energias renováveis; tecnologias de transporte sustentável; infra-estrutura ecológica do planeta; e agricultura sustentável. Por isso, o UNEP convocou os países do G20 a se engajarem em um 'Novo Acordo Verde Global' (*Global Green New Deal*), para compromisso destes países em investirem pelo menos 1% de seu PIB em setores verdes da economia (UNEP, 2009b, p.1). Tal investimento pode ser justificado pela própria segurança do desenvolvimento econômico mundial, visto que as crises tendem apenas a aumentar se mantido o ritmo de insustentabilidade do modelo de 'crescimento' atual.

Quanto aos benefícios, a desaceleração da economia mundial promovida pela crise de 2009 fez com que 400 milhões de toneladas a menos de GEE fossem liberadas para a atmosfera (com relação aos níveis de 2008) - uma redução de 1,3%. Segundo o Instituto Alemão de Energia Renovável – IWR, as emissões globais passaram de 31,5 bilhões para 31,1 bilhões, sendo a primeira queda na comparação ano a ano da década. "Essa redução poderia ser bem mais acentuada, porém o que se reduziu na Europa, Estados Unidos, Rússia e Japão foi atenuado pelo aumento das emissões na China e no Oriente Médio", afirmou Norbert Allnoch, diretor do IWR. Mas, o aumento do uso de energias limpas também teve participação na redução. Os investimentos globais no setor subiram de 120 bilhões em 2008 para 125 bilhões em 2009, e os mercados de energia solar e eólica registraram expansão no ano passado, apesar de ainda estarem bem aquém do que seria o ideal. Segundo Allnoch, "para frear o consumo de combustíveis fósseis e estabilizar as emissões de CO_2 será necessário investimentos constantes em fontes limpas de energia da ordem de € 500 bilhões anualmente em todo o mundo". No caso do Brasil, seriam precisos € 6,6 bilhões em investimentos em energias limpas para estabilizar as nossas emissões. Apesar da queda nas emissões globais, o nível ainda segue 37% acima de 1990, o ano base para o Protocolo de Quioto (CARBONO BRASIL, 2010).

Um estudo recente do PNUMA considera que cerca de US$ 750 bilhões (37% dos pacotes de estímulo econômico gastos) seriam suficientes para financiar uma recuperação econômica sustentável. O órgão argumenta que empresas e governo devem impulsionar investimentos em energias limpas, motivados pelo entendimento de que as emissões de GEE precisam começar a cair a partir de 2015. Para o PNUMA, até o ano de 2020, o montante de investimentos em energias renováveis, eficiência energética e sequestro de carbono devem atingir meio trilhão de dólares, o equivalente a uma média de 0,44% do PIB global (PNUMA, 2009b, p.1). Como exemplo de ação, o UNEP, em seu relatório anual mais recente, estima que a remoção dos subsídios aos combustíveis fósseis poderia reduzir as emissões de CO_2 em 5% ou 6% anuais, e faz a comparação de que enquanto os subsídios para combustíveis fósseis ultrapassam US$ 200 bilhões por ano, para tecnologias de baixa emissão de carbono não alcançam nem US$ 35 bilhões anuais (UNEP, 2009c).

É muito importante que os países em desenvolvimento se antecipem em adotar medidas de eficiência energética, com a possibilidade de economizar até 65% de sua energia entre 2006 e 2026. Satisfatoriamente, em alguma escala isso já vem

acontecendo: os novos padrões de eficiência para equipamentos na China deverão economizar até 2009 200TWh de eletricidade, equivalentes a todo o consumo residencial do país em 2002. No setor de aço, os potenciais de ganhos de eficiência na China, Índia, Brasil, México e África do Sul – os cinco países em desenvolvimento maiores emissores de GEE – é estimado em ter 33% e 49%. Acredita-se que nos próximos vinte anos os países da OCDE consigam reduções de 25% a 35% e nos países em desenvolvimento de 30 a mais de 45% (GOLDEMBERG e LUCON, 2008, p.216).

Porém, até então as evidências demonstram um engajamento de parca concisão. Em maio deste ano, foi realizada, em Copenhague, a Cúpula Empresarial Mundial sobre Mudança Climática, onde pelo menos 700 CEOs de todo o mundo estiveram reunidos. O objetivo era aproximar governos em divergências para que a COP-15 despontasse como a Conferência que fundamentaria as bases para um efetivo desenvolvimento sustentável. Como resultado, foi definida a 'Declaração de Copenhague', em que 500 CEOs, de 47 países, reivindicam que a COP-15 prescrevesse o caminho para a estabilização climática com metas de reduções de emissões para 2020 e 2050 baseadas em dados científicos, mas sem a fixação de valores concretos (ETHOS, 2009).

Assim, a Conferência das Partes sobre o Clima (COP-15), realizada em Copenhague (Dinamarca), estava sendo aguardada como uma esperançosa oportunidade para a tomada de decisões a respeito do tema, onde as delegações de 193 países integrantes da CQNUMC se reuniram para firmar um acordo substituto ao Protocolo de Quioto, a partir de 2012. O objetivo maior era conclamar a todos os intervenientes do sistema econômico mundial (nações, empresas e consumidores) a encarar o desafio (talvez o maior) enfrentado pela humanidade: a mudança climática. Contudo, ao fim da conferência, infelizmente o resultado foi apenas a formulação de um documento, proposto por Brasil, China, Índia, África do Sul e Estados Unidos, que não faz nenhuma referência a compromissos legalmente obrigatórios e apenas reconhece a necessidade de limitar o aumento da temperatura global ao máximo de 2º C. O documento está longe de se configurar como um acordo, o qual necessitaria da assinatura por todos os países integrantes (CARBONO BRASIL, 2009a).

Contudo, apesar de ainda aquém do desejável, as medidas a favor do meio ambiente vêm crescendo em número e abrangência. Examinando o desenvolvimento de 7 países dos G-20 (China, França, Alemanha, EUA, México, Coréia do Sul e África do Sul), o UNEP revela algum progresso quanto ao estímulo à 'economia verde', inclusive com custeamento e reforma de políticas internas. Todos os 7 destinaram 10-20% de seus pacotes econômicos a componentes verdes, com destaque para a China e Coréia do Sul, destinando 34% e 78%, respectivamente (UNEP, 2009b, p.2). O relatório **"***Global Climate Change Policy Tracker: an investor's assessment*" (DBCCA, 2009) pormenoriza, por nação e região, as mais recentes políticas, legislações, acordos e ações voluntárias dos governos, das quais destacamos algumas.

Os EUA, país mais poluente no planeta, apresenta poucas medidas concretas para reduzir suas emissões de GEE. No momento, houve a proposição de uma lei que determina 17% de redução das emissões em 2020 e 83% em 2050 (em relação aos níveis de 2005). Quanto a exemplos de legislações já vigorantes, têm-se a imposição de

reduzir as emissões nas plantas de geração de energia em 10% até 2018; e o comprometimento de 11 estados norte-americanos (e províncias canadenses) em reduzir suas emissões totais em 15% até o ano de 2020. Dentre as ações empresariais voluntárias (por própria conscientização), citamos o exemplo da companhia *Johnson e Johnson*, a qual obteve, de 1990 a 2007, um corte de 12,7% nas emissões de CO_2, em concomitância a um crescimento em suas vendas de 400% (CDP, 2009b, p.3), demonstrando a favorável associação entre as gestões econômica e ambiental quando harmonizadas.

A União Européia – UE caracteriza-se como líder em tomada de decisões mitigadoras. Pela aderência ao Protocolo de Quioto, firmou o compromisso de redução das emissões (com base em 1990) em 8% até 2012 e 20% até 2020 (ou 30% a depender de acordo internacional). Quanto aos transportes, decretou a redução de emissões em 6% até 2020 oriundas da cadeia produtiva de combustíveis; e limitações paulatinas anuais de 120 gCO_2/km liberados, devendo atingir os 100% em 2015. Quanto à geração de energia, a UE legislou que, em 2010, 12% da energia primária seja originária de fontes renováveis, passando para 20% em 2020. Globalmente, principalmente nos EUA e UE, os investimentos em energia renovável vêm crescendo, tendo sido injetados, em empresas do ramo, US$ 71 bilhões em 2006 - um salto de 43% em relação a 2005 e mais de 157% se comparado a 2004 (PNUMA, 2007, p.1).

Quanto ao continente asiático, o Japão estabeleceu, segundo regras do Protocolo de Quioto, a meta de 6% de redução de suas emissões de GEE. Através da política ‘Sociedade de Baixo Carbono’ pretende atingir 60-80% de reduções em 2050; 73% de redução (em relação aos níveis de 2009) na geração de energia em 2020; e aumentar a utilização de energia solar em 55 vezes até 2030. Na China, a legislação dita a redução de emissões em 20% até 2010 (com base nos níveis de 2005). Outra lei estabelece que 10% da energia primária sejam provenientes de fontes renováveis em 2010 e 15% em 2020. Como exemplo de RSE, a empresa chinesa Rizhao está firmemente implementando sua transição para uma cidade com baixa emissão de carbono, a partir de uma série de iniciativas, como investimentos em energia solar em residências e escolas. O sistema de calefação por energia solar, por exemplo, já é empregado em 90% das casas urbanas e em 30% das residências rurais (PNUMA, 2008b, p.3).

Na Oceania, a Austrália, um dos maiores emissores mundiais - com ênfase no CH_4, estipulou até 2012 um aumento máximo de 8% dos níveis de emissões de GEE de 1990. Dentre as poucas, como medida para efetiva redução de emissões, estabeleceu que pelo menos 20% da energia provenham de fontes renováveis até 2020.

Na América Latina, os maiores emissores são o Brasil e o México, com cerca de 2,3 e 0,7 milhões de tCO_2eq/ano, respectivamente. O que provavelmente predominará no médio prazo (BANCO MUNDIAL, 2009, p.76). Para a América Latina, as alternativas propostas pelo Banco Mundial são: redução das emissões geradas pela mudança no uso do solo (desmatamento e agropecuária); reforma do transporte urbano; contínua descarbonização do crescimento utilizando energia hidrelétrica; maior eficiência na geração e uso de energia; e maior direcionamento das políticas domésticas para o comércio de carbono.

É bem verdade que formalmente, de acordo com o princípio da responsabilidade comum, porém diferenciada, os países não incluídos no Anexo I da CQNUMC - como o Brasil e países latinos - não possuem nenhuma obrigação de apresentar reduções ou limitações de emissões de GEE. Mas, as alterações climáticas e seus efeitos são globais e a responsabilidade é comum. Nesse contexto, mesmo não tendo obrigações quantificadas de redução de emissões no âmbito da CQNUMC - por não ter responsabilidade histórica significativa pelo acúmulo de gases de efeito estufa na atmosfera -, o Brasil (4º maior emissor mundial, em razão dos desmatamentos e queimadas) vem buscando encontrar um caminho onde o esforço de mitigação da mudança do clima seja efetivo e a garantia do bem-estar de seus cidadãos a principal variável. Nesse duplo propósito, o país vem implementando ações e tem buscado soluções adicionais com a finalidade de aliar o crescimento econômico com medidas que, direta e indiretamente, são favoráveis ao clima e aos serviços ambientais prestados por seu bom funcionamento (MMA, 2008, p.7).

Até o momento, alguns compromissos decretados pelo Brasil são: manter mais de 80% da geração elétrica por fontes renováveis até 2030; reduzir o desmatamento até 2017 em 72% a partir dos níveis de 2006; a criação do Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas; e criação da Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima (DBCCA 2009; CARBONO BRASIL, 2009c). Há também uma recente Instrução Normativa do IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis), que impõe ao processo de licitação para empreendimentos a inclusão do ‘Programa de Mitigação das Emissões de CO_2’ (relativas a construção) nos respectivos Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA). A norma determina que pelo menos 1/3 (um terço) das emissões sejam mitigadas por meio de programa de recuperação florestal, e que os 2/3 (dois terços) das emissões restantes contemplem investimentos em geração de energia renovável ou medidas que promovam eficiência energética (BRASIL, 2009). Existem também importantes Projetos de Lei que, no momento, tramitam em processo de aprovação, a saber, referentes a: o Programa de Neutralização do Carbono em âmbito nacional; a Política Nacional de Energias Alternativas; a Política Brasileira de Atenuação do Aquecimento Global; e a Política Nacional de Mudanças Climáticas – PNMC (CARBONO BRASIL, 2009c).

Existe também no Brasil uma série de programas que promovem uma redução considerável dessas emissões, a saber: Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (CONPET), Programa Nacional do Biodiesel, para citar alguns. Alguns deles são responsáveis pelo Brasil ter uma matriz energética relativamente ‘limpa’, no sentido específico de menores emissões de GEE por unidade de energia produzida ou consumida. No conjunto de todos os usos energéticos efetivados (i.e. geração de eletricidade, transportes, indústrias e demais), o Brasil possui uma matriz energética com 55,3% de fontes de energia renováveis (Figura 14).

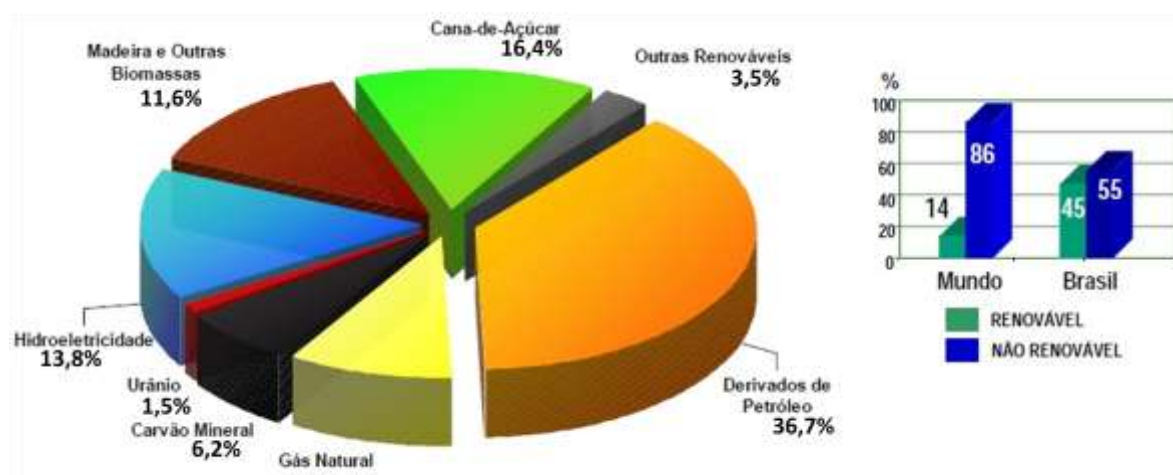



Figura 14 - Matriz energética brasileira e estimativa aproximada a da participação de energias renováveis na matriz energética nacional comparada aos demais países. Fonte: EPE (2009).

Diversas outras iniciativas em estágio de implementação também contribuirão para a inflexão da taxa de crescimento da curva de emissões de GEE no país. Outros programas em implementação no país estão em conformidade com os demais compromissos assumidos pelo Brasil no âmbito do Artigo 4.1 da CQNUMC, tais como promoção de pesquisa, capacitação e atividades de observação sistemática relacionadas com a mudança do clima; promoção e cooperação na área de educação, treinamento e conscientização pública em relação ao tema (MCT, 2004, p.11). Os objetivos estabelecidos no Plano Nacional sobre Mudança do Clima são audaciosos, se comparados com os de outros países. O potencial de contribuição para a redução das emissões de GEE dele decorrente é um dos maiores – se não o maior – dentre todas as nações (MMA, 2008, p.5).

Ademais, além dos benefícios socioambientais decorrentes das ações relatadas. As medidas adotadas pelo país servem também estrategicamente, como prevenção a uma possível futura inclusão dos países não incluídos no Anexo I do Protocolo de Quioto. Os países desenvolvidos têm feito crescentes pressões para a inclusão dos países emergentes num segundo período de negociação. Logo, a possível inclusão do Brasil no conjunto de países que teriam metas a cumprir na segunda fase do Protocolo de Quioto não seria fortuita, estando o país preparado pra responder a tal demanda (NAE, 2005b).

As informações relatadas demonstram a existência de um movimento em direção à sustentabilidade quanto às emissões de GEE. Entretanto, apesar do crescente entendimento acerca dos efeitos adversos oriundos das emissões antropogênicas (excessivas) dos GEE, as emissões originárias dos processos produtivos ainda são muito superiores aos níveis ambientalmente adequados. O IPCC (2007a) assesta que as economias desenvolvidas precisam reduzir as emissões de GEE em 80-95% até o ano de 2050 a fim de se evitar uma mudança climática drástica e irreversível.

A despeito deste parecer, o relatório *‘The Carbon Chasm’*, que analisa as 100 maiores empresas mundiais (*Global 100,* segundo o *FTSE Global Equity Index Series*), evidencia que segundo o ritmo de redução adotado atualmente, os 80% só seriam atingidos em 2089 (30 anos mais tarde). Das 100 maiores empresas mundiais, apenas 73% afirmam possuírem metas de redução. Digo apenas, pois o relatório refere-se às empresas mais expressivas globalmente, em termos econômicos e de mercado. As taxas de reduções anuais propostas por essas 73 empresas equivalem a uma média de 1,9%, enquanto são necessários 3,9% anuais para cumprimento da meta estabelecida pelo IPCC. Tal discrepância entre as taxas determinadas (pelo IPCC ou pelas empresas) resultou que os GEE emitidos até 2009 já extrapolaram o limite de emissões pactuado pelo IPCC para o ano de 2020 (Figura 15) (CDP, 2009b, p.3).

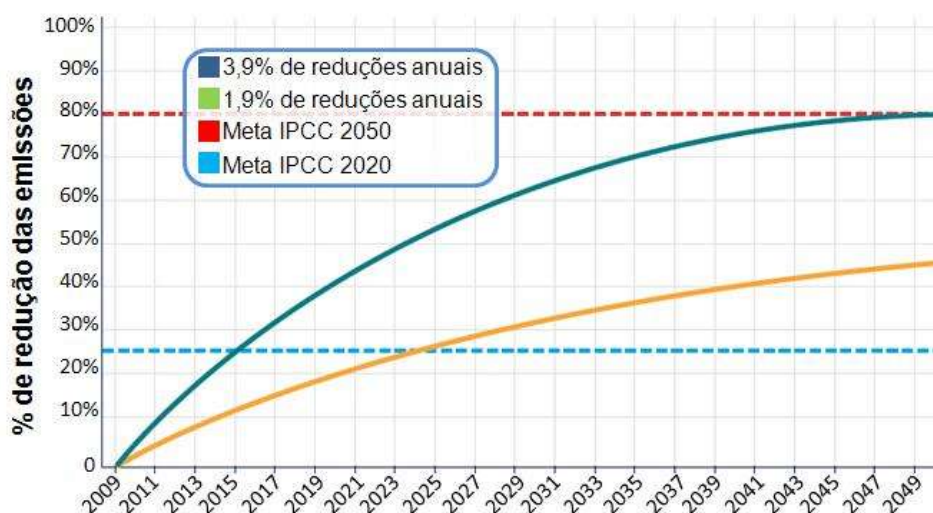



Figura 15 - Metas para redução de emissões de GEE. Fonte: CDP (2009b, p.12)

É importante ressalvar que o estabelecimento de metas de redução das emissões não garante sua execução, ou seja, não existe a verificação e registro de que as reduções informadas pelas empresas são reais. Segundo as próprias empresas, a definição de metas é motivada pelas forças de mercado e não por requerimentos científicos, sendo utilizadas para identificar ineficiências nos sistemas produtivos, reduzir custos, estimular a inovação, melhorar a competitividade e satisfazer os acionistas e investidores (CDP, 2009b, p.3). O relatório expõe ainda que apenas 16% das empresas definiram suas metas além do ano 2012 e apenas 5 empresas (ENEL, France Telecom, Tesco, Vodafone e E-ON) fixaram metas além de 2020 (CDP, 2009b, p.6). Um estudo mais abrangente é demonstrado no relatório *‘Global 500 Report’* (CDP, 2009a), em que foram requisitadas, às 3.700 empresas mundiais mais relevantes em termos econômicos no cenário mundial, informações a respeito de suas políticas e ações de Responsabilidade Ambiental frente a questão do aquecimento global (Figura 16).

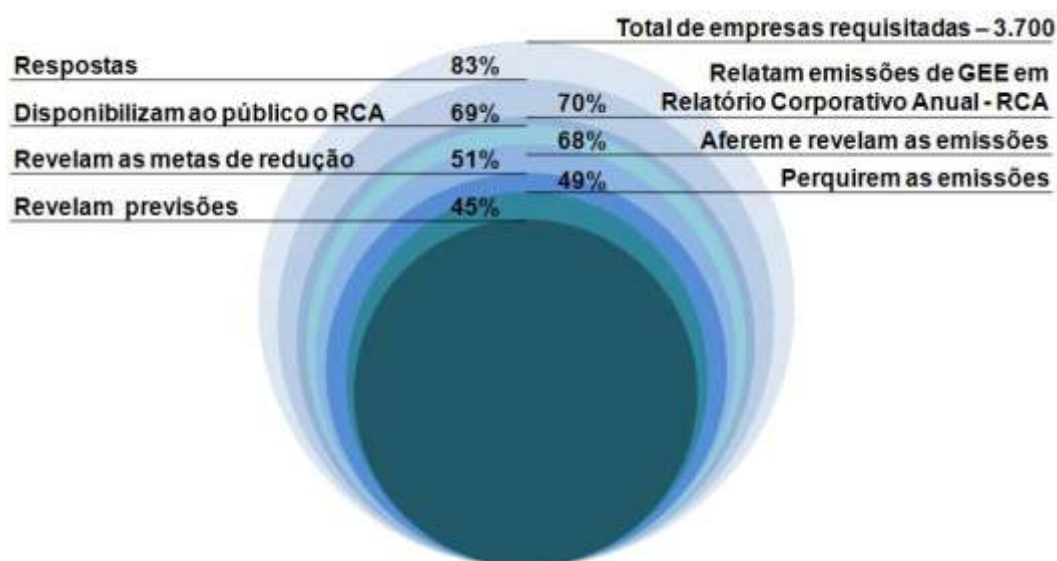



Figura 16 - Ações de Responsabilidade Ambiental Empresarial ante as emissões de GEE. Fonte: CDP (2009a, p.10)

Percebe-se que uma parte expressiva (70%) já faz menção às emissões ao relatá-las em seu Relatório Corporativo Anual – RCA, e que 68% realizam a medição real das emissões, revelando os valores encontrados. Porém, apenas cerca de metade das empresas (49%) mantém um programa constante de medição e verificação das emissões, e somente 45% montam e divulgam previsões técnico-climáticas em função de seus processos.

Dentre as empresas brasileiras, ou instaladas no país, podem ser observados alguns exemplos de suas ações e políticas para a mitigação de emissões. Uma empresa de destaque é a multinacional de cosméticos brasileira Natura, que enfatiza projetos de energia limpa, com especial foco na redução das emissões de CO_2 e criação de embalagens com reduzido ciclo de vida em relação ao dos produtos padrões. Desde 1983, a empresa usa refis para cerca de 30% de seus produtos e suas embalagens, outrora de plástico virgem, passaram a ser de papelão com material 100% reciclado. A empresa também estabelece a alteração dos elementos básicos dos seus produtos cosméticos, antes retirados do petróleo, para materiais naturais extraídos de plantas e minerais. A empresa ainda promoveu a implantação das tabelas ambientais nos rótulos de seus produtos, nas quais são demonstrados dados sobre a origem e o destino do produto, com o objetivo de expor o impacto ambiental causado pelo seu consumo (PNUMA, 2008b, p.3; NATURA, 2009).

Quanto às emissões de GEE, de forma pioneira, desde 1997, a Natura converteu para gás natural sua frota de veículos de distribuição de produtos na Grande São Paulo. Mais além, uma das propostas mais ousadas da Natura é o programa ‘carbono neutro’, que propõe a redução de 33% das emissões (em relação ao total de 2006) até o ano de 2012. Para isso admite ser fundamental o envolvimento e integração de todos os setores

da cadeia produtiva da empresa, incluindo os fornecedores, os contribuidores diretos, os serviços terceirizados e até mesmo as consultorias. São considerados os impactos desde a extração da matéria prima, até o descarte do produto. Entre 2007 e 2008 foram reduzidos 9% das emissões desde 2006. Desde 2007, a Natura também oferece produtos e processos neutros em carbono (considerando todo seu ciclo de vida). Em seu site oficial a empresa disponibiliza o inventário de suas emissões e as metodologias e programas de mitigação e compensação das emissões (NATURA, 2009). Em estudo a respeito do desenvolvimento da empresa, Nakashira e Medeiros (2009, p.552) argumentam que:

> Apesar de muitos empresários temerem que a adoção de práticas sustentáveis pudessem ser antagônicas ao desenvolvimento econômico das atividades empresariais, devido ao aumento de custos de fabricação, o crescimento da Natura não foi contido, pelo contrário, essa atitude reforçou a confiança do público nas práticas da empresa. Além dos investimentos voltados a inovação, práticas corporativas transparentes, uma boa gestão empresarial, e uma estratégia de marketing “verde”, a Natura também atua como difusora da educação ambiental por entre seus consumidores.

Outra companhia que promove o inventário e compensação de suas emissões (diretas e indiretas) é o Bradesco. Em 2006, na primeira fase do ‘Programa de Neutralização de Carbono’, para compensar o volume de 22.777 toneladas de CO_2eq emitidas de uma unidade, a organização promoveu o plantio, em parceria com a Fundação SOS Mata Atlântica, de um total de 38 mil árvores. Em 2007, o inventário foi ampliado para todas as unidades do Brasil, sendo contabilizadas 224.167,87 tCO_2eq. A companhia faz a divulgação detalhada e acredita que o ‘programa de neutralização’ também serve ao propósito de identificar novas oportunidades para diminuir o consumo de recursos, utilizar tecnologias mais limpas, orientar processos públicos ou particulares de *disclosure* e, ainda, realizar um *benchmark* de metodologia de inventário, que possa ser disseminado no mercado brasileiro (BRADESCO, 2010). Contudo, o inventário engloba apenas parte dos processos e recursos envolvidos, não sendo aferida a Pegada de Carbono em sua totalidade.

As ações do Bradesco merecem registro no que tange às suas ações para melhoria da eficiência energética. Como exemplos, podemos citar a gestão do consumo de recursos essenciais (*e.g.* energia elétrica e água), que trata dos contratos com as concessionárias estaduais e a pesquisa novas tecnologias e equipamentos mais eficientes e racionais. Internamente, busca-se a indicação de metas de consumo para cada unidade, baseadas no porte, na quantidade de equipamentos instalados e no número de funcionários, sendo divulgadas constantemente informações sobre o uso racional de energia e água, por meio de circulares, periódicos internos e Intranet, dentre outros canais de comunicação (BRADESCO, 2010). A empresa apregoa as seguintes práticas:

- uso de equipamentos de informática com maior eficiência energética – menor consumo direto de energia –, o que demanda necessidade de menor potência dos sistemas de condicionadores de ar, além de reduzida manutenção de ambos os tipos de equipamentos (menores custos diretos e deslocamentos de técnicos, resultando em menos emissões;
- incentivo para o desligamento de luminárias em áreas desocupadas, e uso da luz natural;
- uso de temporizadores para o desligamento automático de lâmpadas e luminosos;
- instalação de elevadores com melhor desempenho;
- treinamentos a distância (*e-learning*);
- redução do número e/ou troca de equipamentos (impressoras, *scanners* e copiadoras) por impressoras multifuncionais;
- uso de ferramentas e tecnologias que permitem solucionar remotamente eventuais problemas de terminais de equipamentos de informática e eletrônicos, reduzindo a necessidade de deslocamento de técnicos até as agências e conseqüente emissão de GEE;

A Petrobras, que promove os cálculos de suas emissões de GEE desde 1990, divulgou, em 2005, seu Relatório de Desempenho em Gestão de Emissões Atmosféricas, no qual divulga as emissões da empresa, seus programas de mitigação e as emissões de GEE evitadas como resultado dos diversos programas de Gestão das Emissões Atmosféricas, Eco-eficiência e Investimentos em Fontes de Energia Alternativas e Renováveis. É válido destacar que a divulgação deste relatório é voluntária e que as informações acerca das emissões de GEE da empresa passaram a ser depositadas anualmente no site do Fórum Econômico Mundial (WEF – *World Economic Forum*) (PETROBRAS, 2005). No próximo subitem estão colecionados mais dados a respeito da empresa e de sua Responsabilidade Socioambiental.

A percepção dos benefícios econômicos advindos das ações para mitigação, além dos ambientais, propiciou também a criação de empresas de escopo estritamente ligado à questão da mitigação das emissões de GEE. A *Brazilian Carbon Bureau*, por exemplo, age como um agente fomentador de oportunidades para pequenas e médias indústrias brasileiras no mercado de créditos de carbono, identificando potenciais projetos de MDL e orientando tecnicamente a elaboração e desenvolvimentos de projetos para aquisição de créditos de carbono no mercado internacional.

Atuando diretamente na estruturação da RSE quanto às emissões de GEE, a OSCIP Iniciativa Verde provê serviços de melhoria da eficiência ambiental de processos e produtos da empresa, incorporando às suas ações e métodos de produção o princípio do 3R+C: Redução do consumo, Reutilização de materiais, Reciclagem de rejeitos e, por fim, Compensação das emissões de CO_2eq. Esta metodologia configura-se no programa ‘*Carbon Free*’ o qual resulta na emissão de um selo ‘*Carbon Free*’ de ‘emissões zero’. O programa consiste na produção de um inventário de emissões de GEE, utilizando uma metodologia desenvolvida pelo Instituto de Recursos Mundiais (WRI – *World Resources Institut*), a partir de dados de consumo de energia elétrica e de combustíveis no transporte. Os cálculos têm como base as pesquisas do IPCC. A partir dos resultados do

inventário é mais fácil de identificar as maiores fontes de emissão de gases de efeito estufa e promover, através de melhores práticas, a redução, a reutilização e a reciclagem. As emissões que não puderem ser evitadas são compensadas com o plantio de árvores em Áreas de Preservação Permanente (APPs) degradadas - mais especificamente em áreas de matas ciliares degradadas no estado de São Paulo (em parceria com a Secretaria Estadual do Meio Ambiente). A empresa garante que realiza uma manutenção intensiva em conjunto com parceiros locais durante dois anos, e que após esse período os restauros são monitorados através de imagens de satélite (INICIATIVA VERDE, 2010).

Quanto à compensação das emissões pelo plantio de árvores, cabem algumas argumentações acerca de sua significância em termos de uma concreta RSE. Goldemberg e Lucon (2008, p. 381) colocam que “A febre pelo ‘ carbono neutro’ vem levando empresas, indivíduos e até governos a plantar árvores para compensar suas emissões de GEE à atmosfera”. Para realizar essa tarefa, empresas se dedicam a quantificar as emissões decorrentes das atividades e contabilizá-las através de um determinado número de árvores a plantar e a preservar permanentemente. Daí, um ‘certificado de garantia’, na prática ou teoricamente auditado, é dado ao investidor, que o utiliza principalmente por motivos mercadológicos, de imagem pessoal ou mesmo de consciência. Ou autores advertem, porém, que a compensação por tais serviços gera distorções, como:

a. Estimativas de emissão de carbono baseada em realidade de outros países, a depender da metodologia utilizada;
b. subestimativa de emissões, por considerarem somente algumas atividades;
c. falhas na conversão de emissões em árvores plantadas;
d. falta de cuidados (ou mesmo negligência) com o plantio e manutenção da vegetação recomposta (por exemplo, a mera distribuição de mudas);
e. utilização de áreas públicas sem afetação e privadas sem servidão permanente para o plantio, o que vulnerabiliza essas matas no futuro (e.g. pela especulação imobiliária);
f. a possibilidade da criação de um espírito ‘cartorial’ para as compensações.

Assim, para que essas distorções não desacreditem a iniciativa de compensação pelo (re)florestamento, é necessário padronizar e regulamentar esses procedimento. O governo britânico está bem avançado nessa questão e iniciou uma consulta pública a respeito[16]. As emissões terão de ser reguladas e verificadas, e os consumidores devidamente informados para que confiem no sistema, optando entre possíveis ações a tomar. O código terá como elementos: o uso de créditos certificados para compensar emissões; cálculos precisos de emissões a abater; informações claras aos consumidores com respeito ao mecanismo e/ou aos projetos apoiados pelo sistema; - precisão transparente; prazos para cancelamento de créditos; e um sistema pelo qual produtos e serviços vendidos ao consumidor ofereçam a compensação – opcional ou compulsória (i.e. incluído no preço dos bens). Será desenvolvido um selo de qualidade, que será

[16] www.defra.gov.uk/corporate/consult/carbonoffseting-cop/index.htm. Acesso em 20 mar 2010.

atrelado a produtos credenciados para auxiliar a confiança do consumidor em suas compras (GOLDEMBERG e LUCON, 2008, p.382).

No Brasil, a recomposição permanente de vegetação nativa em áreas degradadas é uma iniciativa ambientalmente necessária e que vai além dos projetos MDL previstos no Protocolo de Quioto. A Secretaria do Verde e do Meio Ambiente do Município de São Paulo - SVMA institui a compensação de carbono em parques, através da portaria municipal nº 06/2007 – a qual institui a compensação pelas emissões geradas pelos eventos realizados nos parques. A portaria determina que o responsável pelo evento deverá “apresentar, no ato da assinatura do termo de responsabilidade, a estimativa técnica das emissões de GEE que serão geradas pela atividade e a compensação dessas emissões em plantios de árvores”. A estimativa técnica deverá ser formalizada em laudo subscrito por profissional com comprovada experiência no assunto, ou instituição pública ou privada que disponha em seus quadros de profissionais com tal qualificação. A SVMA, a seu critério exclusivo, e fundamentadamente, poderá aceitar, rejeitar ou sugerir alterações em tais laudos técnicos (SVMA, 2007).

Para atender a legislação retromencionada, o governo do estado de São Paulo criou um banco de áreas para quem queira promover a recomposição de matas ciliares. Em São Paulo há atualmente cerca de 1,8 milhões de hectares que podem ser recuperados através de iniciativas desse tipo, sendo que 1 ha pode, em 30 anos, absorver 80 tCO_2. Anualmente, 1 ha pode reincorporar as emissões anuais de um habitante paulista pelo uso de energia e produtos de resíduos, cerca de 2,7 tCO_2. Mas, como já relatado, é preciso que se tomem cuidados com programas de plantio de árvores. Primeiramente, as áreas degradadas devem ser recompostas com espécies nativas, garantindo as condições para a biodiversidade, e sustentabilidade principalmente[17]. É preciso também que os projetos sejam perenes e rastreáveis - a mera distribuição de mudas não garante o plantio e o plantio indiscriminado não assegura que as mudas crescerão e permanecerão naquele local (GOLDEMBERG e LUCON, 2008, p.386).

Portanto, um projeto responsável de gerenciamento de áreas de recuperação de vegetação envolve seu gerenciamento (e.g manejo de pragas, proteção contra incêndios, invasão de áreas) e a auditagem periódica dos resultados. A estimativa de custo aponta algo em torno de US$ 5 mil por hectare (com 1667 mudas). Segundo o consultor Gabriel Riberboim, o custo da manutenção perene de matas seria de 4 a 6 vezes maior (GOLDEMBERG e LUCON, 2008, p.386). Argumentos para adoção dessa alternativa alegam que no caso do Brasil, as duas alternativas mais apontadas para redução das alterações climáticas, a saber a eficiência no consumo energético e a substituição dos combustíveis fósseis por fontes de energia renováveis, não são suficientes. Isto porque cerca de 80% da energia produzida no país é proveniente hidrelétricas - que geram uma média de emissões de 0,02 tC/MWh (bem menores que as 0,36 tC/MWh emitidas quando a fonte energética é o carvão mineral). Por outro lado, o país dispõe de clima favorável ao crescimento de florestas e grandes áreas cultiváveis, inclusive matas a espera de serem recuperadas (INICIATIVA VERDE, 2010).

---

[17] Se plantados eucaliptos, por exemplo, estes crescem mais rápido e logicamente reincorporariam CO_2 atmosférico mais velozmente, mas seria insustentável – privilegiando apenas uma variável em detrimento de outras.

Como acréscimo às delineações ambientais expostas, cabe explanar brevemente acerca das benesses sociais pela minoração das alterações climáticas. O relatório Stern (STERN, 2006) afirma que “a ação (correção das mudanças climáticas) poderá criar empregos e oportunidades de negócios da ordem de centenas de bilhões de dólares ao ano”. Atestando a assertiva, o estudo *Green Jobs: Can the Transition to Environmental Sustainability Spur New Kinds and Higher Levels of Employment?* (Empregos verdes: poderá a transição para a sustentabilidade ambiental estimular novos tipos e níveis mais altos de empregos?), fomentado pelo UNEP em conjunto com a Organização Internacional do Trabalho (ILO) e a Confederação Internacional de Sindicatos de Comércio (ITUC), expõe que “as novas indústrias que investirem na mitigação dos efeitos das mudanças climáticas ficarão a frentes do setor de tecnologias limpas”. Os cálculos indicam que “o programa de etanol no Brasil já criou 500 mil empregos, e que, em 2005, a indústria ambiental nos EUA gerou mais de 5,3 milhões de empregos – dez vezes mais do que o número da indústria farmacêutica”. O estudo ainda aponta que os programas de energia renovável na Alemanha e Espanha (com dez anos de existência), já originaram centenas de milhares de empregos, e que, a depender dos investimentos em pesquisa e desenvolvimento de projetos, os programas correlatos dos EUA poderão criar 40 milhões de empregos no país por volta de 2030 (PNUMA, 2008a, p.1).

Em face da apuração das benfeitorias geradas pela mitigação das emissões de GEE e visando a condensação e aprimoramento técnico das mesmas, a ISO (*Internacional Organization for Standardization*) lançou em 2006 a norma ISO 14064, relacionada à quantificação e verificação de GEE emitidos pelos produtos e processos de uma empresa. A ISO 14064 surge como um diferencial para aquelas que possuem ou desenvolvem projetos de MDL, por conferir credibilidade e melhor valoração aos seus créditos de carbono (RMAI, 2009). Desta feita, a certificação ISO 14064 estende os benefícios econômicos da mitigação das emissões, resultando em incremento da competitividade e possibilidade de seu uso no marketing ambiental empresarial. A Irani Celulose foi a primeira empresa brasileira a ter o inventário de GEE certificado pelo ISO 14064. O processo de certificação constatou que a empresa emitiu, em 2006, 102.478 tCO_2eq e removeu da atmosfera 638.630 tCO_2eq - remoção liquida de 536.152 tCO_2eq. Com base no inventário, a Irani Celulose implantou um projeto de cogeração energética (7MW) com gás residual, emitindo 17 mil RCEs anualmente; substituiu o uso de óleo BPF por biomassa; substituiu o consumo de GLP; e aderiu à Bolsa do Clima de Chicago com um projeto florestal (CARBONO BRASIL, 2009b).

Entretanto, apesar das ilações apresentadas, reitera-se que o(s) feito(s) é ainda pouco, em vista do necessário e da contundente probabilidade de morosidade na alteração do sistema e processos produtivos quanto às emissões de GEE. Como dito, de acordo com a IEA, o consumo de petróleo e gás natural, hoje correspondente a 56% da demanda global de energia, continuará crescendo nas próximas décadas, principalmente nos países em desenvolvimento (IEA, 2004). Consoante o IPCC (2001a), pelo menos até 2020 o suprimento energético continuará sendo dominado pelos relativamente baratos e abundantes combustíveis fósseis. Nesse contexto, o grande desafio para todas as companhias de óleo e gás natural, na condição de empresas de energia, é suprir a

crescente demanda sem promover alterações na estabilidade do clima do planeta. Desafio sim, e dos grandes; pois, segundo análise do WRI (com as 16 principais companhias de óleo e gás), algumas das maiores companhias mundiais estão prestes a perder mais de 6% de seu valor de mercado acionário em conseqüência do risco ambiental projetado para a década seguinte. A análise advertiu os acionistas que as ações ante às mudanças climáticas e os impedimentos à perfuração em áreas ambientais sensíveis podem atingi-los onde mais os fazem sofrer: em sua cotação de mercado (ENERGY INTELLIGENCE GROUP, 2002).

Entretanto, reitera-se que as evidências demonstram ser impraticável a continuidade do desenvolvimento apenas sob a esfera econômica. Se haverá perdas por um lado, muito mais se ganhará considerando todas as variáveis. É uma necessidade colocar em prática a consideração e respeito pelos *stakeholders* (intervenientes) ao invés de somente pelos *stockholders*. O sacrifício de poucos pelo bem-estar global já justifica essa tendência, porém com certeza há de haver alternativas para o desenvolvimento sustentável, que possa justamente distribuir os benefícios nos diversos âmbitos – econômico, social, ambiental. Seguindo essa linha, sabe-se que gigantes mundiais dessa área (como a Petrobras, a Shell e a *British* Petroleum - BP) vêm divulgando a incorporação ações para mitigar as emissões de GEE em suas estratégias e planos de negócio (IPIECA; OGP, 2002). A BP, por exemplo, vêm divulgando a implementação com sucesso de programas agressivos de redução das emissões de GEE nas suas instalações ao redor do mundo (incluindo as operações de *upstream* e *downstream*). Segundo a empresa, suas emissões globais de GEE foram reduzidas para 10% abaixo dos níveis de 1990 em apenas 5, com antecipação da meta original e, ao mesmo tempo, houve redução dos custos operacionais. Esses esforços demonstram o potencial de sucesso de uma estratégia corporativa de redução do consumo energético e emissões associadas (CHAN, 2006, p.47).

Porém, os investimentos em fontes renováveis de energia de grandes companhias, como a BP e a Shell, ainda têm sido relativamente pequenos em comparação as suas operações com hidrocarbonetos. Em 1999, o negócio de energia solar da BP, considerada como uma das maiores companhias do ramo no mundo, representava menos de 0,1% do valor total da companhia. O compromisso da Shell de investir anualmente 100 milhões de dólares em renováveis desde 1997 constitui menos de 1% da sua despesa total (ENERGY INTELLIGENCE GROUP, 2002; CHAN, 2006, p.47). Em verdade, o grande desafio para todas as companhias de óleo e gás é de ser inteiramente transparente, demonstrando a relevância de fatores de risco ambiental relacionados ao negócio. (IPIECA; OGP, 2002). A interação entre as mudanças climáticas e o desenvolvimento sustentável estabelece um desafio de sobrevivência para as companhias de óleo e gás, muitas das quais se intitulam como empresas de energia. A BP, por exemplo, embute no nome de sua marca a idéia *beyond petroleum* (“além do petróleo”), sob a qual a empresa promove iniciativas para conservar o petróleo e para substituí-lo por alternativas energéticas mais limpas e renováveis (CHAN, 2006, p.19). Além disso, a indústria de refino de petróleo, além de ser produtora, também é grande consumidora de combustíveis. O uso de energia é também a principal fonte de emissões

dessa indústria, o que faz com que a melhoria da eficiência energética seja uma oportunidade atraente para reduzir emissões e custos operacionais (CHAN, 2006, p.2).

A Petrobras, conforme seus princípios éticos (Anexo I), promulga-se uma empresa de energia, que procura imprimir padrões internacionais de excelência em segurança, meio ambiente e saúde como um compromisso e uma condição de negócio a ser inserida em todas as etapas das atividades desenvolvidas, de modo a se consolidar definitivamente como um valor na companhia. A RSE da empresa é extensiva aos campos social e ambiental em diversas áreas. O subitem seguinte relata a RSE da Petrobras conformada às emissões de GEE e alterações climáticas.

2.3.2 Cenário Petrobras

As apreciações relatadas nesse subitem, a respeito da Petrobras, foram obtidas pelos relatos institucionais constantes nas seguintes publicações da empresa: Balanço Social e Ambiental (PETROBRAS, 2007; 2008), Diretrizes de Sustentabilidade para as Atividades de Exploração e Produção da Petrobras na Amazônia (PETROBRAS, 2006), Relatório de Desempenho da Gestão de Emissões Atmosféricas da Petrobras (PETROBRAS, 2005) e sítio eletrônico da empresa[18]; e nas publicações acadêmicas MARCOVITCH (2008), CHAN (2006) e SAUER (2006). Pelo porte e abrangência das ações da Petrobras, optamos por discorrer a respeito da RSE da empresa ante às emissões de GEE e às mudanças climáticas de forma consubstanciada com os principais aspectos gerais de sua RSE como um todo. A justificativa é tanto pela necessidade de apresentar os programas/ações maiores em que a questão das mudanças climáticas está inserida e integrada (e que servem de base para as ações retromencionadas), como por acreditar fornecer, dessa forma, maior amplitude de entendimento da capacidade de alcance e monta das ações da companhia, partindo de suas ações mais globais até as específicas à temática estudada.

A importância dada à RSE, pela Petrobras, se faz sentir nas Diretrizes de Sustentabilidade elaboradas pela companhia (Figura 17). A pirâmide representa o conceito de sustentabilidade segundo a abordagem ‘*triple bottom line*’, em suas três dimensões, a qual enfatiza duas questões consideradas fundamentais para uma atuação orientada para a sustentabilidade: a integração dos três componentes do desenvolvimento sustentável – crescimento econômico, eqüidade social e proteção ao meio ambiente; e a integração entre os aspectos de curto e longo prazo.

[18] http//:www.petrobras.com.br/pt/. Acesso em 15 jul 2010.

Figura 17 - Pirâmide de sustentabilidade corporativa. Fonte: Petrobras (2006, p.4).

O esmero firmado pela empresa em sua missão, princípios éticos e logística de atuação é justificado pela crença da Petrobras de que a função de uma empresa não se resume mais a dar lucro e emprego, pagar impostos e respeitar a lei. Além disso, a Petrobras começou a implementar no início deste novo milênio um importante plano de reestruturação com o objetivo de se tornar uma **empresa de energia**. A empresa propaga entender que, ao produzir, interage com o meio ambiente e consome recursos naturais, patrimônio de todos, e que, por isso, considera que é seu dever prestar contas à sociedade quanto ao impacto de suas atividades sobre a biosfera. O presidente da empresa, o Sr. José Sergio Gabrielli de Azevedo, assesta que:

> Somos hoje uma empresa transparente, preocupada em aprimorar cada vez mais seus mecanismos de informação e de prestação de contas à sociedade. Foram criados, nos últimos anos, canais de verificação externa de suas atividades; contratadas auditorias independentes que acompanham a aplicação de seus recursos nas áreas mais sensíveis de relacionamento e com o meio ambiente; firmados termos de ajuste de conduta com respeitados órgãos ambientais e estabelecidos parcerias com universidades e entidades do Terceiro Setor para assessorá-la.

Em vista disso, internamente, todos os procedimentos de informação e segurança foram revisados, assim como foram reavaliados todos os programas de treinamento do pessoal envolvido, e vem sendo aprimorada a capacitação tecnológica pela Universidade Corporativa no Sistema Petrobras, buscando-se cada vez mais a inclusão das esferas culturais, sociais e ambientais nos processos produtivos. Recentemente, a Petrobras nomeou o *Centre Info SA*, parceiro suíço da SiRi *Company*, para fornecer uma Análise Pró-Sustentabilidade para um seleto grupo de empresas congêneres (do setor de

Petróleo e Gás). A auditoria foi feita pelo Grupo Internacional de Pesquisa em Investimentos Sustentáveis (SiRi – *Sustainable Investment Research International Group*). A empresa alcançou uma pontuação de 73, a classificação mais alta. Seu índice de sustentabilidade supera em 20% a média global do setor.

Pelo compromisso com a transparência e confiabilidade, a Petrobras busca as certificações que possam validar o mesmo. Em janeiro de 2008, a Companhia possuía 40 Certificações Integradas de acordo com as normas ISO 14001 (Meio Ambiente) e BS 8800 ou OHSAS 18001 (Segurança e Saúde). Essas certificações cobrem a maior parte das unidades de operação e serviço da companhia no Brasil e no exterior. Confirmando a busca pela pro-atividade, a empresa é a representante do segmento ‘indústria’ na delegação brasileira na elaboração da ISO 26000, a futura norma internacional de responsabilidade social, a ser lançada em 2010.

Tudo isso, é resultado de um longo processo histórico. A atuação com responsabilidade social e ambiental, discutida hoje em todo o mundo, não é novidade para a Petrobras. Quando detinha o monopólio do petróleo no Brasil, já era responsável nesses âmbitos (PNUMA, 2008a). Desde 1992, 1% do faturamento bruto da empresa é destinado ao Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello (CENPES), que promove pesquisas científicas com objetivo de aprimorar os processos produtivos da companhia e adequá-los a legislação ambiental e à sustentabilidade, cada vez mais buscando a pro-atividade nessa adequação. Em relação às emissões de GEE, o CENPES possui um programa tecnológico denominado PROCLIMA, com o objetivo de prover soluções tecnológicas para a mitigação dos impactos das atividades e produtos da empresa nas mudanças climáticas. O programa foca a avaliação de desempenho ambiental no ciclo de vida de combustíveis fósseis e renováveis, a eficiência energética, o sequestro de carbono e a avaliação de impactos, vulnerabilidade e adaptação das atividades da Petrobras em relação a mudanças do clima.

Outro marco da trajetória de sustentabilidade das atividades de exploração e produção da Petrobras na Amazônia foi o Programa de Excelência em Gestão Ambiental e Segurança Operacional (PEGASO). O programa foi criado em 2000, após o acidente de rompimento de um oleoduto na Baía da Guanabara, próximo à Refinaria Duque de Caxias, visando à prevenção de vazamentos, contingência, redução de geração de resíduos, efluentes e emissões. Dentro do âmbito do programa PEGASO, a Petrobras instalou no país nove Centros de Defesa Ambiental (CDAs), cujo objetivo é assegurar proteção em suas unidades operacionais em caso de emergência. O programa, que encerrado em 2008, pode ser considerado, segundo Amaral (2002), a base para uma verdadeira revolução na companhia, principalmente no que tange à questão de Segurança, Meio Ambiente e Saúde (SMS). A partir do acidente na Baía de Guanabara, em 2000, e do afundamento da plataforma P-36, em 2001 (que resultaram em vazamentos e óleo e na morte de funcionários, abalando a imagem da empresa), os investimentos na área de SMS se intensificaram sobremaneira. Para dar cumprimento à legislação ambiental, a Petrobras gastou US$ 473 milhões em 2001, US$ 466 milhões em 2002 e US$ 750 milhões em 2003.

Neste mesmo ano de 2003, a companhia criou o Programa Petrobras Ambiental, incrementando seus investimentos em projetos de patrocínio. O programa contempla a seleção pública de projetos focados na biodiversidade marinha, tais como o Projeto Golfinho Rotator, Baleia Jubarte e Peixe-Boi. Foram mantidos ainda os projetos já patrocinados pela empresa, que, ao longo dos anos, obtiveram resultados positivos e o reconhecimento da sociedade, como o Projeto Tamar. Atualmente, o programa vem ampliando seu foco de atuação, englobando inclusive as questões das mudanças climáticas. Nessa questão, o Programa Petrobras Ambiental aperfeiçoa o sistema de monitoramento e gestão dos investimentos em patrocínios ambientais da companhia ao incorporar indicadores (e metas de desempenho), dentre os quais citamos:

- Fixação de carbono e emissões evitadas de GEE;
- capacitação das instituições parceiras em gestão e temas específicos (MDL, formação de parcerias, comunicação e multiplicação de resultados); e
- adoção de medidas de consumo consciente e/ou eficiência energética.

Seguindo a tendência mundial de ascensão de investimentos na área, as ações da Petrobras voltadas ao meio ambiente contaram com R$ 1,976 bilhão de investimentos em 2007 e 1,97 bilhão em 2008. Destacaram-se, além das emissões atmosféricas, as áreas de monitoramento de ecossistemas, restauração de áreas impactadas e gestão de recursos naturais, efluentes, resíduos e preparo para atuação em situações de emergência. Por tudo isso, o presidente da empresa, o Sr. José Sergio Gabrielli de Azevedo, expressa oficialmente que:

> Assim sendo, o Sistema Petrobras posiciona-se ao lado das melhores práticas de empresas do setor no mercado internacional, que se empenham pelo desenvolvimento sustentável e comprometem-se em fazer dos empreendimentos econômicos iniciativas que também promovam o desenvolvimento ambiental, social, cultural e ético das sociedades. Este compromisso ético levou a Petrobras a conquistar, em setembro de 2006, o direito de compor o Índice Dow Jones de Sustentabilidade, usado como parâmetro para análise dos investidores sócio e ambientalmente responsáveis. Nesse mesmo sentido, pode ser considerado também uma continuidade da adesão que, em outubro de 2003, a Petrobras fez com relação aos Princípios do Pacto Global da ONU (PNUMA, 2008a).

As ferramentas de sustentabilidade citadas pelo presidente da companhia são de grande relevância no cenário mundial, estando entre as principais ferramentas de gestão de responsabilidade socioambiental adotadas mundialmente[19] pertinentes à indústria do

---

[19] As principais ferramentas de gestão de responsabilidade socioambiental que estão sendo adotadas mundialmente por empresas de diversos setores foram recentemente relacionadas em duas publicações: "*Background briefing: the reference compendium on business and sustainability*" (UNIVERSITY OF CAMBRIDGE, 2003) e "*Compêndio para a sustentabilidade: Ferramentas de Gestão de Responsabilidade Socioambiental*" (LOUETTE, 2007).

petróleo. O DJSI configura-se como mais importante índice mundial de sustentabilidade, sendo usado como parâmetro para análise dos investidores social e ambientalmente responsáveis. A Petrobras conquistou, pelo quarto ano consecutivo, o direito de participar da composição do índice, estando reconhecida, de acordo com a edição 2009/2010, entre as 19 companhias mundiais do segmento de petróleo e gás e entre as 7 empresas brasileiras mais sustentáveis, tendo recebido novamente a nota máxima no critério 'Transparência' e se destacado nas questões relativas a 'Energias Renováveis', 'Impacto Social nas Comunidades' e 'Biodiversidade', dentre outras.

O Pacto Global da ONU é uma iniciativa internacional que tem como objetivo estimular a cooperação intersetorial para a realização de ações relativas aos 10 princípios sobre direitos humanos, questões trabalhistas, proteção ao meio ambiente e combate à corrupção. Trata-se de uma das maiores redes de debate internacional sobre responsabilidade social corporativa, englobando mais de 3.800 participantes de 100 países. Desde 2003, a Petrobras participa da iniciativa e se compromete a basear sua atuação social e ambiental de acordo com os princípios do Pacto Global da ONU e, em abril de 2006, o presidente da Petrobras passou a integrar o Conselho Internacional do Pacto Global. A Petrobras tornou-se a única empresa da América Latina e do setor de petróleo e gás a participar do conselho.

Por tais motivos, a Petrobras foi reconhecida através de uma pesquisa da *Management e Excellence*, a petroleira mais sustentável do mundo. Em primeiro lugar no ranking (pontuação de 92,25%), a companhia é considerada referência mundial em ética e sustentabilidade, considerando 387 indicadores internacionais, entre eles queda em emissão de poluentes (GEE) e menor consumo de energia e sistema transparente de atendimento a fornecedores. Os critérios para o ranking levaram em conta a adequação a padrões internacionais, como os da Organização Internacional do Trabalho (OIT), o Pacto Global da ONU, os 8 Objetivos de Desenvolvimento do Milênio, a presença no DJSI e a apresentação do Balanço Social e Ambiental, segundo as orientações do *Global Reporting Initiative* (GRI).

A GRI é uma instituição internacional que fornece diretrizes globais para relatórios de sustentabilidade por meio de consultas multi-*stakeholder*. O modelo GRI é utilizado pelas maiores empresas do mundo, facilitando a comparação entre os dados e informações apresentados. Desde 2006, a Petrobras é associada ao GRI como *Organizational Stakeholder* (OS). Em 2007, a Petrobras foi eleita pelas demais OS para o Conselho Internacional de *Stakeholders* da GRI, tornando-se uma das representantes do segmento indústria da América Latina.

Além dessas ferramentas, a Petrobras integra outros conselhos e iniciativas destinadas à disseminação de conhecimento, bem como ao relacionamento da gestão das questões relevantes do tema Mudança Climática à atuação empresarial, como o *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD), o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS), o *Climate Change Working Group* (CCWG), a *Associaciòn Regional de Empresas de Petróleo y Gas Natural em Latinoamerica y El Caribe* (ARPEL) e a *International Emission Trade Association* – IETA.

No âmbito social, existem diversas publicações atestando a veracidade da Responsabilidade Social Corporativa (RSC) praticada pela empresa, como Leyen (2008), Malafaia (2006), Volpon (2006), Poli Silva (2004), para citar algumas, além dos próprios relatórios institucionais da companhia, que divulgam os exemplos, resultados e prêmios alcançados. Como exemplo, pode-se expor o mérito da empresa de ter o seu Balanço Social e Ambiental qualificado, de acordo com critérios estabelecidos pelo Pacto Global da ONU,como *Notable Comunication on Progress* por três anos seguidos (2007 a 2009). Além disso, a Petrobras subscreve, segue e fornece suporte a uma carteira internacional de princípios, comprometimentos e iniciativas nos âmbitos econômico, social e ambiental, como: o comprometimento com o Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF – *United Nations Children's Fund*) na América Latina – cooperando na esfera do planejamento técnico, pesquisa, comunicação e geração de recursos financeiros, com o objetivo de dar suporte a programas e /ou intervenções que protejam os direitos das crianças e adolescentes; a Agência De Notícias Dos Direitos Da Infância – ANDI; os 8 Objetivos do Milênio da Organização das Nações Unidas (ONU); Iniciativa de Parceria contra Corrupção (PACI – *Partnering Against Corruption Initiative*); Iniciativa de Transparência nas Indústrias Extrativas (EITI – *Extractive Industries Transparency Initiative*); dentre outras.

Quanto aos desafios frente às mudanças climática,s a Petrobras aderiu voluntariamente à iniciativa do WEF. Por isso, a partir de 2005, as informações do inventário de GEE da companhia passaram a ser disponibilizadas via internet, aumentando as possibilidades de consulta. A Petrobras aderiu também ao *Statement of G-8 Climate Change Roundtable*, em que líderes das mais importantes empresas do mundo assumem formalmente o apoio aos esforços de conscientização frente à mudança climática e mantêm o compromisso de identificar e implementar políticas e medidas para a mitigação das emissões de GEE.

A execução desse compromisso já pode ser conferida. Em agosto de 2005, foi iniciada uma série de estudos em parceria com a Fundação Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos (Coppetec), vinculada à Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), sobre ameaças e oportunidades relativas à mudança climática global no setor de petróleo e gás. Foram propostas ações que a Companhia deve realizar com relação ao risco carbono. Com duração de 28 meses, o projeto avaliou diversas políticas em curso no mundo, ou passíveis de serem implementadas por vários países a curto e médio prazos, além de analisar seus possíveis impactos sobre os preços de petróleo e derivados. Outro marco foi a participação de três especialistas da companhia na equipe de pesquisadores que elaborou o relatório do IPCC de 2007. A companhia tem também patrocinado eventos referentes à temática, como o 1º Simpósio Brasileiro de Mudanças Ambientais Globais, realizado nos dias 11 e 12 de março de 2007, no Rio de Janeiro e o I Seminário Brasileiro sobre Sequestro de Carbono e Mudanças Climáticas, realizado em abril do mesmo ano, no Rio Grande do Norte.

Na publicação ‘Diretrizes de Sustentabilidade: para as Atividades de Exploração e Produção da Petrobras na Amazônia’ (PETROBRAS, 2006), a companhia exprime em maiores detalhes as diretrizes de sustentabilidade a serem seguidas pela empresa,

conforme Macrodiretrizes, Diretrizes Gerais e Diretrizes Específicas, das quais algumas relacionadas à superação das alterações climáticas mundiais. A macrodiretriz 3 enuncia que “o conceito de sustentabilidade deve ser considerado em todas as etapas do ciclo de vida dos empreendimentos (planejamento, implementação/construção, operação/manutenção, descomissionamento e pós-descomissionamento)”. Dessa forma, abrange conceitualmente todas as etapas do processo produtivo de produtos advindos de óleo e gás. Dentre as diretrizes gerais e específicas, tem-se:

- Minimizar a emissão de poluentes atmosféricos através da adoção das melhores tecnologias que sejam técnica e economicamente viáveis;
- mitigar ao máximo o impacto dos poluentes atmosféricos reduzindo a contribuição para as alterações climáticas e os impactos locais ao meio ambiente;
- minimizar o consumo de energia em todos os níveis de atividade, de forma a minimizar as emissões e o consumo de recursos naturais relacionados à geração de energia;
- buscar a queima mínima de gás em *flare* na planta de produção, diminuindo as emissões, o consumo de recursos naturais não-renováveis e o desperdício de energia;
- priorizar o uso de equipamentos e processos de maior eficiência energética;
- buscar a utilização de energias renováveis, como energia solar, biocombustíveis e biomassa, considerando as potencialidades regionais;
- buscar a compensação das emissões de gases de efeito estufa através de projetos de sequestro de carbono e MDL.

O Plano Estratégico 2020 – PE2020 da empresa enfatiza as mudanças climáticas ambientais. Um dos desafios de gestão é “atingir patamares de excelência, na indústria energia, quanto à redução da intensidade de emissões de GEE nos processos e produtos, contribuindo para a sustentabilidade do negócio e a mitigação da mudança climática global”. As emissões evitadas de gases de efeito estufa (EEGEE) constituem um dos indicadores estratégicos da Petrobras, que tem como uma de suas metas corporativas o compromisso de evitar a emissão de 21,30 milhões de tCO_2eq, no período de 2007 a 2012. As emissões evitadas em 2007 alcançaram 2,53 milhões de tCO_2eq (número 24,6% superior ao total de 2006, que atingiu 2,03 milhões de t). As emissões evitadas em 2008 foram 680 mil tCO_2eq, e pretende-se evitar 2,3 e 4,5 milhões de t em 2009 e 2013. O indicador EEGEE se refere ao desempenho de projetos incluídos nos escopos de Eficiência Energética, Melhorias Operacionais e Otimização da Queima em Tocha e Substituição de Combustíveis/Fontes Alternativas.

As emissões diretas de GEE da Petrobras totalizaram 57,47 milhões de tCO_2eq, em 2008 (Figura 18). Esse total inclui as emissões atmosféricas das unidades instaladas no Brasil e no exterior e de navios das frotas própria e contratada que realizam viagens internacionais. As emissões indiretas, associadas à compra de energia elétrica e vapor no Brasil, somaram 0,69 milhão de toneladas. Como explicitado pela empresa, em acordo com o *GHG Protocol Initiative,* outras emissões indiretas (contabilizadas na aferição da

Pegada de Carbono) não fazem parte do inventário feito pela empresa e, portanto, os valores não estão contabilizados.

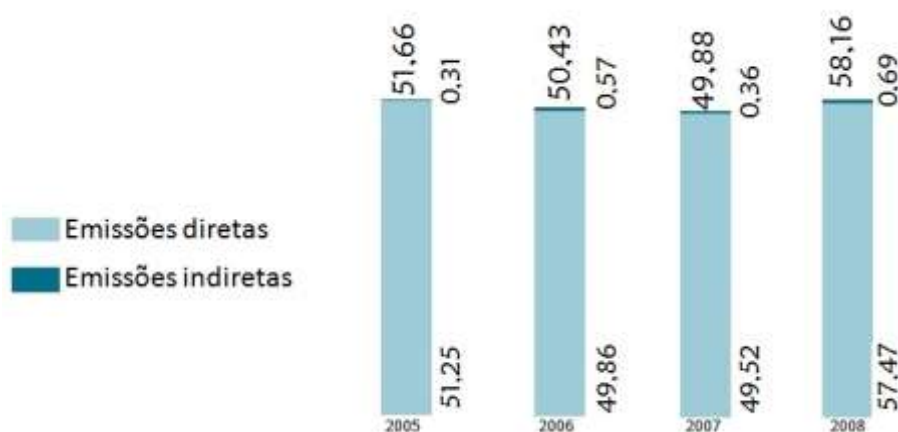



Figura 18 - Total de emissões (diretas e indiretas) de GEE da Petrobras de 2005 a 2008, em milhões de tCO_2eq. Fonte: PETROBRAS (2007, p.79).

Os inventários de emissões de GEE das unidades Petrobras iniciaram-se com o programa PEGASO, em 1990. A base era a metodologia agregada (*top-down*), utilizando o consumo totalizado e o tipo de combustível. A partir de 2002, o cálculo das emissões passou a ser feito por metodologia desagregada (*bottom-up*), incluindo os três principais GEE: CO_2, CH_4 e N_2O, e os poluentes regulados: óxidos de nitrogênio (NO_x), óxidos de enxofre (SO_x), material particulado (MP) e monóxido de carbono (CO).

Em 2005, após três anos de desenvolvimento, entrou em operação o Sistema de Gestão de Efluentes Atmosféricos (SIGEA), possibilitando inventariar e detalhar todas as emissões atmosféricas (GEE e poluentes regulados) da empresa, com base em algoritmos de cálculo. O sistema é totalmente informatizado e administra os dados de mais de 20 mil fontes emissoras, dentre as quais aproximadamente nove mil são fontes de emissão de GEE. O sistema integra todas as atividades da empresa na tarefa de gerar um inventário de emissões de máxima desagregação (por fonte emissora) e, ao mesmo tempo, permite a elaboração de relatórios gerenciais com diversos tipos de agregação: por unidade de negócio, por região e por tipo de fonte emissora. As emissões contabilizadas são referentes às atividades: a) implementadas integralmente na Petrobras - áreas de negócio, área de serviços, área corporativa e empresas subsidiárias; e b) implementadas nas empresas controladas e demais participações acionárias em que a Petrobras detenha controle financeiro superior a 50% do negócio ou àquelas em que a Petrobras é a operadora. Portanto, a gestão de emissões atmosféricas é aplicada a:

- Atividades, instalações e operações existentes ou novas (durante seu ciclo operacional);

- atividades ou operações suspensas ou retiradas de operação total, parcial, temporária ou definitivamente, com desmontagem ou não dos equipamentos e instalações (e.g. usinas termelétricas, limpeza de tanques, manutenção de gasodutos);
- ativos adquiridos de outras empresas (do momento da aquisição);
- transporte de petróleo bruto, seus derivados e biocombustíveis por navios (próprios ou fretados) e caminhões-tanque;
- atividades contratadas que sigam as políticas de SMS e Operacional da Petrobras.
- consumo de energia elétrica e vapor de instalações industriais e administrativas (adquiridas de terceiros ou geradas na própria instalação).

Percebe-se que as emissões quantificadas são remetidas àquelas geradas diretamente pela empresa (a maioria), referentes às atividades de exploração, refino e transporte dos produtos brutos em todas as fases do ciclo operacional: instalação, operação e descomissionamento, além do consumo energético industrial e administrativo. Cabe citar que as emissões oriundas do transporte por navios referem-se apenas às embarcações da frota Petrobras (apresentadas no relatório como ‘Outros’), não sendo, pois, contabilizadas as emissões da Petrobras Distribuidora. As emissões indiretas relatadas na figura 16 atinam à energia e vapor adquiridos de terceiros. Quanto às outras emissões indiretas atinentes a operação da companhia, a empresa expõe que o SIGEA não se aplica à gestão das emissões referentes a:

- Geração pelos usuários finais dos produtos (fora das atividades do sistema Petrobras);
- o transporte aéreo por recursos próprios, contratados, fretados ou de linhas regulares;
- o transporte rodoviário de pessoas, materiais, equipamentos ou derivados de petróleo;
- o transporte marítimo de pessoas.

A fim de atestar a confiabilidade do sistema, existe uma empresa auditora para verificação, com objetivo de buscar identificar eventuais lacunas e melhorias na consolidação dos dados gerados pelo SIGEA. A auditoria segue a metodologia ISO 14064 – *Part 3* (*Specification with Guidance for the Validation and Verification of Greenhouse Assertion*). Além disto, são capacitados profissionais das diversas áreas da companhia para verificação interna dos inventários. Com os resultados dessas ações, a metodologia para mensuração de emissões permanece a mesma, mas os protocolos e os fatores de cálculo das fontes de emissão estão em permanente aperfeiçoamento A seleção das instalações a serem visitadas pela empresa auditora foram sendo ampliadas, representando 40% do total das emissões na verificação dos inventários de 2005 e 2006, e 60% para o inventário de 2007.

No sentido de promover a aplicação prática dos conhecimentos aferidos, a contribuição da Petrobras para a mitigação das emissões de GEE (e também de

poluentes regulados) se dá através de ações agrupadas em três eixos, alinhados com a sua Estratégia Corporativa e os seus Valores, com as Políticas Corporativas de SMS e de Atuação Corporativa (Quadro 2). Boa parte das ações citadas já estão discorridas, enquanto outras merecem uma explanação.

Quadro 2 - Eixos e ações de atuação da Petrobras na mitigação das alterações climáticas.

1. Gestão das emissões atmosféricas

- Conscientização da força de trabalho - treinamentos e capacitações;
- Participação em fóruns nacionais e internacionais;
- Fomento à pesquisa;
- Estabelecimento de objetivos e indicadores;
- Quantificação e comunicação sistemática das emissões;
- Estímulo a projetos de abatimentos de emissões e CCS;
- Gestão corporativa das oportunidades de uso dos mecanismos de mercado (MDL);

2. Eco-eficiência

- Ênfase em eficiência energética;
- Quantificação, verificação e controle das emissões por sistema auditável;
- Introdução de novas tecnologias menos intensivas em carbono;
- Produção de combustíveis mais limpos;
- Estímulo a consumidores e fornecedores para mitigar suas emissões.

3 – Investimentos em fontes de energia alternativas e renováveis

- Diversificação energética na carteira de produtos da empresa;
- Aumentar a participação de energia renovável nas suas atividades;
- Introdução e disseminação de novas tecnologias;

Em relação à CCS, entre 2006 e 2008, estão sendo investidos US$ 15 milhões em 30 projetos de pesquisa e desenvolvimento, envolvendo dez universidades e institutos de pesquisa brasileiros e parceiros internacionais (Tabela 3). Entre outros projetos de reflorestamento (fixação de carbono na biomassa), serão plantadas 3,6 milhões de árvores em 5 anos, em um corredor ecológico do Complexo Petroquímico do Estado do Rio de Janeiro (COMPERJ).

Quanto ao uso e incentivo das fontes de energia renováveis, em seus mais recentes planejamentos estratégicos, a Petrobras definiu que as mesmas seriam uma das bases para a sustentabilidade futura de seu negócio para o período 2006-2010. Projetos nas áreas de biocombustíveis, energia eólica, energia solar fotovoltaica e termossolar são algumas das iniciativas em andamento. Dentre as metas da empresa estão possuir uma

potência eólica instalada de 104 MW e suprir o mercado em 8.200 barris por dia de biodiesel até 2010.

Tabela 3 - Áreas e projetos de CCS desenvolvidos pela Petrobras.

Áreas	**Projetos**
Captura e Sequestro de Carbono - CCS	- armazenamento de CO_2 em reservatórios depletados e em aqüíferos salinos profundos; - centro internacional para testes de CCS com a Universidade de Regina, no Canadá; - *CO_2Capture Project,* juntamente com outras sete empresas do setor;
Carbonatação de resíduos industriais	- alternativas tecnológicas em atividades de refino visando maior concentração de CO_2 nos gases de exaustão; - implementação de projeto piloto de armazenamento geológico de CO_2
Fixação de carbono na biomassa	- projetos em parceria com universidades brasileiras contemplando os ecossistemas Amazônia, Mata Atlântica, Semiárido e Restinga;

Na atuação em biocombustíveis, a Petrobras vem investindo recursos significativos na expansão de sua participação neste mercado. Desde a década de 70, a companhia já operava em diversos estágios da produção industrial do etanol, por meio do Programa Nacional do Álcool – (PROÁLCOOL), que possibilitou ao Brasil evitar a emissão de 650 milhões de tCO_2. No presente, houve a criação, em julho de 2008, da Petrobras Biocombustível – PBio. Ao longo de dois anos, a PBio ampliou sua atuação neste segmento e entrou na produção de etanol por meio de parcerias com empresas do setor. Atualmente, a subsidiária da Petrobras está presente em diferentes regiões, de norte a sul do Brasil, além de iniciar projetos no exterior (Portugal e Moçambique). No segmento de biodiesel, a empresa atingiu a produção acumulada de 242 milhões de litros, resultante das atividades das três usinas próprias – em Candeias-BA, Quixadá-CE e Montes Claros-MG –, além da unidade de Marialva-PR, na qual tem participação. A Petrobras Biocombustível chegará ao final deste ano, concluída a duplicação de Candeias e adaptada a usina de Guamaré (RN), com sua capacidade instalada de produção quase triplicada, passando de 171 milhões para 507 milhões de litros por ano de biodiesel e mais de 900 milhões de litros de etanol por ano. Os investimentos previstos no segmento biocombustíveis até 2012 são de US$1,5 bilhão.

Quanto às fontes renováveis alternativas de energia, a Petrobras já é digna de certo cabedal de conhecimentos e experiência, tanto pela utilização como pela pesquisa em fontes energéticas ambientalmente corretas. A companhia, oitava maior empresa geradora de energia do país, possui em seu portfólio 20 usinas termelétricas, 11 pequenas centrais hidrelétricas - PCHs e uma usina de geração eólica, e prevê

investimento de US$ 669 milhões até 2013 em projetos de energias renováveis, que incluem estudos e geração de energia elétrica por meio de usinas eólicas, solares e PCHs. Em 2004, a companhia inaugurou sua primeira unidade de geração de energia eólica – a Usina Eólica Piloto de Macau-RN. A usina possui uma potência instalada éde 1,8 MW, composta por três aerogeradores de 600 kW cada e já atingiu a marca de 24.500 MWh produzidos desde sua implantação, evitando a emissão de cerca de 6 mil tCO_2/ano para a atmosfera.

A empresa também possui oito sistemas termossolares instalados em refinarias, fábricas de fertilizantes e no edifício sede da companhia, para aquecimento da água destinada a vestiários e refeitórios, totalizando 2.180 m^2 de coletores planos fechados. A capacidade instalada de placas coletoras para aquecimento de água possibilita uma economia anual de 1,2 GWh. Em 2009, houve a instalação de mais 4.648 m^2 de coletores, em 14 Unidades de Negócio, passando a evitar a emissão de cerca de 968 tCO_2/ano.

A companhia conta ainda com cerca de 100 kW instalados em painéis fotovoltaicos de baixa potência para diversas finalidades: proteção catódica para dutos enterrados, suprimento de energia elétrica para instrumentação, controle e sinalização de pequenas plataformas de petróleo. Merece destaque a unidade piloto de bombeio de petróleo acionado por painéis fotovoltaicos, instalada em Mossoró-RN. O investimento nesse sistema foi da ordem de R$ 150 mil. Existem ainda projetos de desenvolvimento de coletores solares térmicos de alto desempenho[20], visando à criação futura de centrais heliotérmicas de geração de energia elétrica; além de fogão solar, sistemas de refrigeração, dessalinização e de aquecimento híbridos gás/energia solar[21].

Recentemente, a empresa aprovou um projeto sistêmico do Hidrogênio Energético. As atividades formam um portfólio abrangente de projetos e linhas de atuação, as quais incluem a pesquisa, o desenvolvimento e a demonstração de sistemas de energia do hidrogênio. Atualmente, a empresa é a maior produtora de hidrogênio no Brasil, fabricando mais de 500 toneladas diárias com tecnologia própria e realizando diversos estudos no CENPES, buscando tornar o uso do hidrogênio combustível uma fonte de energia viável, a ser utilizada em protótipos de ônibus e no centro de processamento de dados do CENPES (PETROBRAS, 2007, p.89).

A companhia ainda desenvolve alguns programas relacionados à eco-eficiência e conseguintemente à mitigação das mudanças climáticas. Desde 1974 existe o Programa Interno de Conservação de Energia, que coordena e implementa as atividades relacionadas à eficiência energética e propicia a anual de 1,2GWh. As Comissões Internas de Conservação de Energia atuantes na Companhia têm entre suas atribuições levantar o potencial de redução de despesas com energia, desenvolver ações de conscientização dos empregados e participar da elaboração de especificações técnicas de projetos, construção e aquisição de bens e serviços que envolvam consumo

[20] Projeto desenvolvido pelo Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa em Engenharia (COPPE), da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).
[21] Projeto desenvolvido pela Universidade Federal do Ceará (UFC).

energético. Um ponto forte é o gerenciamento dos Contratos de fornecimento de energia elétrica comercial com as concessionárias locais.

Esta gestão é desenvolvida através de interação constante com as detentoras da concessão de distribuição de energia de modo a garantir o uso racional e a implantação de convênios e parcerias para otimização do sistema como uma todo. O Guia de Oportunidades em Eficiência Energética na Petrobras orienta os gestores da companhia na seleção de projetos para o melhor uso da energia ao apresentar práticas que resultaram em ganhos econômicos, energéticos e ambientais. Os projetos de eficiência energética implementados na companhia, em 2008, acarretaram uma economia de 1,34TJ, ou 240 barris de óleo equivalente por dia. Com essa economia, evitou-se a emissão de 40 mil tCO_2eq.

Quanto à racionalização do consumo energético em termos de combustíveis, a empresa atesta, em seu Relatório de Desempenho da Gestão de Emissões Atmosféricas da Petrobras (2005) que, de 1992 a 2004, houve economia de 742 milhões de m^3 de gás combustível e de gás natural, de 989 mil m^3 de óleo combustível, de 76 mil m^3 de óleo diesel e de 8 mil t de GLP, o que evitou as emissões de cerca de 5,2 milhões de toneladas de CO_2eq.

Dentro do CONPET (Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural), dois projetos merecem destaque. O Projeto Economizar consiste na análise dos combustíveis e das emissões dos ônibus e caminhões em defesa da qualidade do ar. Técnicos treinados pela Petrobras utilizam veículos equipados com mini-laboratórios capazes de realizar testes de campo. A partir dos resultados, as empresas voluntárias recebem orientação de como aumentar a eficiência no uso do óleo diesel e aperfeiçoar seus métodos de gerenciamento e de capacitação dos empregados que trabalham com os veículos, manuseio e estocagem do combustível. O Projeto Economizar atua em 22 estados, envolvendo cerca de 3.200 empresas e uma frota de mais de 133 mil veículos. Em 2003, o projeto proporcionou uma economia estimada em 303 milhões de litros de diesel e evitou a emissão de mais de 800.000 tCO_2. O Projeto Transporte contribuiu com uma redução de consumo estimada de 13,6 milhões de óleo diesel e emissões evitadas de 36.000 tCO_2.

O CONPET possui também atuações de forma a colaborar com a gestão pública para redução das emissões e conscientização. Em uma parceria entre o Inmetro e a Petrobras (através do CONPET), está sendo estudada a implementação de um selo que indique o consumo de combustível no ciclo urbano e rodoviário, em km/l para álcool e gasolina, ou km/m^3 para Gás Natural Veicular (GNV), permitindo uma escolha mais consciente do veículo a ser adquirido, tanto ambientalmente quanto no sentido das possibilidades financeiras do consumidor (relação custo-benefício). Nos automóveis, o Selo irá se chamar Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE).

Outros programas que refletem na minoração de emissões de GEE são os Programas Tecnológicos de Energias Renováveis (PROGER), e de Gás Natural (PROGÁS). O PROGER tem como objetivo atuar na pesquisa e desenvolvimento de tecnologias que viabilizem e aperfeiçoem o uso de fontes renováveis, atendendo às metas de negócios dos diversos segmentos da Petrobras. O PROGÁS tem como principal

objetivo prover soluções tecnológicas que viabilizem o consumo de gás natural em quantidade equivalente a 99,3 milhões de m^3/dia até 2010, meta estabelecida no Plano de negócios 2006-2010 da Petrobras, contribuindo para aumentar a participação do gás natural na matriz energética brasileira. Outra ação que contribui para evitar a emissão de gases do efeito estufa é o Programa de Otimização do Aproveitamento do Gás na Bacia de Campos, iniciativa voluntária de redução de queima de gás em tocha. O programa busca maior aproveitamento de gás associado produzido em 24 plataformas, por meio da instalação e modernização de compressores, instalação de gasodutos e otimização de plantas de processamento. Em 2007, foram concluídas 93 ações, que resultaram num ganho potencial na utilização de gás de 4,2 milhões de m^3 por dia.

Há também interessantes exemplos em aplicações feitas a atividades que compõem os processos produtivos da companhia. Um deles refere-se aos investimentos em otimização energética e redução das emissões na ampliação e gestão do parque de refino, face a necessidade de processar cargas de petróleo com características mais pesadas e maior acidez (que elevam a demanda por energia elétrica, vapor e água de resfriamento), adicionadas a maiores restrições da legislação aos teores de enxofre no óleo diesel e na gasolina. Foram desenvolvidas metodologias e ferramentas para definir uma configuração considerando os investimentos necessários, a confiabilidade do sistema, os custos operacionais e os impactos ambientais, aplicadas à refinaria de São José dos Campos, que provocaram uma redução de emissões de 50 t CO_2/h, além de reduções nos poluentes regulados.

Outra área de investimentos da Petrobras reporta-se à expansão do suprimento de energia do continente para o pólo marítimo, tendo por exemplo a substituição do módulo principal de geração de energia elétrica do ‘Pólo Marítimo de Produção de Petróleo de Curimão-Espada-Atum-Xaréu’, instalado na Plataforma Marítima Central de Curimã, por um cabo submarino tripolar. O objetivo é interligar a plataforma ao Sistema Elétrico Nacional de energia, através da Subestação Elétrica do Pecém, no Estado do Ceará. A atividade do projeto resultará em uma redução anual das emissões de GEE de 29.000 para 14.100 tCO_2eq.

Conclusivamente, nota-se que os esforços da companhia em evitar emissões, promover reduções destas e incentivar ações e políticas para a minimização de impactos nesse âmbito possuem expressividade. Contudo, as ações e políticas da empresa apresentadas resultam também em ganhos econômicos, quiçá motivadas por estes, embora isto possa ser visto também como um belo exemplo de engenhosidade em se conseguir as benesses econômicas irmanadas aos ganhos ambientais. Na longa caminhada rumo à sustentabilidade, o exposto já pode ser salientadamente configurado como passos/visões importantes. Se mui aquém do ideal ainda, mas a frente de muitas outras companhias. A própria empresa coloca que atualmente, a mitigação de emissões pode ser percebida na diferença entre a curva de emissões projetada e a curva de emissões realizadas. Embora estejam crescendo concomitantemente, verifica-se redução da intensidade de emissões em áreas como produção de gás e petróleo (eficiência energética), em projetos de energia eólica (MDL) e também na recomposição florestal (sequestro de carbono).

2.4 Indicadores de Sustentabilidade

Os riscos causados por possíveis impactos ambientais e sociais das atividades de uma empresa podem ser evitados quando existe uma adequada avaliação das questões relacionas à sustentabilidade. Como conseqüência, a cobrança dos diversos intervenientes (*stakeholders*) por padrões de produção e prestação de serviços dentro de padrões sustentáveis exige das empresas a adoção de uma série de metas qualitativas e quantitativas, bem como a adoção de ferramentas voltadas para demonstrar um desempenho adequado (PIMENTA, 2008, p. 16).

Para tanto, vários mecanismos gerenciais e operacionais são sugeridos na literatura: Governança Corporativa; Eco-eficiência; Análise do Ciclo de Vida; Emissão Zero; Sistemas de Gestão Certificáveis; Produção mais Limpa e Relatórios de Sustentabilidade Corporativa (Quadro 3). Outros mais poderiam ainda ser inseridos, como o *ecodesign*, a rotulagem ambiental, práticas e abordagens de consumo e produção sustentável, gestão da cadeia de suprimento, dentre outros. Cabe dizer que a aplicação de um método não impede o uso de outros concomitantemente, podendo inclusive haver uma benéfica interação entre dois ou mais (PIMENTA, 2008, p.17).

Um dos critérios de grande importância para se pesar e escolher os instrumentos a serem usados é a manutenção de um bom diálogo com os intervenientes. Young, May e Vinha (2004) acreditam que a perenidade desse bom diálogo favorece a eficiência e efetividade da empresa no mercado, conforme se observa:

> O diálogo com *stakeholders* é baseado nas premissas de que o mercado trabalha com mais eficiência e efetivamente quando existe adequada informação, e o envolvimento efetivo dos *stakeholders* aumenta as possibilidades de obtenção de informação mais qualificada (...) ele tem o mérito de expor a empresa ao escrutínio social e fazê-la lidar com práticas democráticas em relação aos seus diversos públicos. Nesta perspectiva, o elemento chave para o sucesso dos empreendimentos é a equidade na participação dos *stakeholders*, sobretudo a comunidade local (...) (YOUNG, MAY, VINHA, 2004, p.39).

Entremeados à essência dos métodos citados, os indicadores de desempenho - em nosso caso indicadores de sustentabilidade -, se propõem a fazer isso muito bem. Um indicador pode ser conceituado como “uma variável que, em função do valor que assume em determinado tempo, desdobra significados que não são aparentes imediatamente, pois existe um construtor cultural e de significado social que se associa ao mesmo”. Para ser um indicador, o dato considerado deve traduzir vários fatores importantes a determinado grupo de pessoas, sem deixar margem a dúvidas ou falsas interpretações. Logo, nem todas as estatísticas podem ser consideradas indicadores (CAMARGO, UGAYA e AGUDELO, 2004, p.6).

Quadro 3 - Métodos da Sustentabilidade Corporativa. Fonte: Pimenta (2008, p.18).

Métodos	**Descrição**
Responsabilidade Social Corporativa	Refere-se à conduta ética e responsável adotada pelas organizações na plenitude das suas redes de relações, incluindo seus consumidores, fornecedores, funcionários e familiares, acionistas, comunidade em que se inserem, ou sobre a qual exercem algum tipo de influência, além do governo e do meio ambiente.
Governança Corporativa	É designada para abranger os assuntos relativos ao poder de controle e direção de uma empresa, bem como as diferentes formas e esferas de seu exercício e os diversos interesses que estão ligados à vida das sociedades comerciais. Adota as seguintes linhas mestras - transparência, prestação de contas e eqüidade.
Ecoeficiência	Consiste em uma filosofia de gestão empresarial que incorpora as questões ambientais, que visa o fornecimento de bens e serviços a preços competitivos que satisfaçam as necessidades e tragam qualidade de vida, ao tempo que reduz progressivamente o impacto ambiental e o consumo de recursos ao longo do ciclo de vida, a um nível, no mínimo, equivalente à capacidade de sustentação estimada da Terra.
Análise do Ciclo de Vida	É um método para a avaliação dos aspectos ambientais e dos impactos reais e potenciais associados a um produto, compreendendo etapas que vão desde a extração das matérias-primas até a disposição do produto final.
Emissão Zero	Incidir em um agrupamento ecológico de indústrias, na qual a aplicação de seu conceito proporciona uma mudança da produtividade do trabalho para a produtividade dos recursos, uma vez que os resíduos são transformados em novos recursos. O agrupamento ecológico aumenta extraordinariamente a produtividade e melhora a qualidade dos produtos, ao mesmo tempo em que gera empregos e diminui a poluição.
Sistemas de Gestão Certificáveis	Possuem vários focos e abordagens, estes, no entanto, não garantem defeitos zero, poluição zero, ou riscos zeros, mas sim, um meio pelo qual as organizações se articulam sistematicamente para dar resposta às demandas exigidas pelas partes interessadas e obtêm uma forma de buscar continuamente melhorar seu sistema de gerenciamento e seus respectivos indicadores de desempenho.
Produção Mais Limpa	Consiste em um método de combate ao desperdício de recursos naturais e financeiros. Esta abordagem pode ser considerada como uma das formas de se atingir a ecoeficiência.
Relatórios de Sustentabilidade Corporativa – Global Reporting Initiative	Tem como visão e missão a ajuda no preparo, na comunicação e na obtenção de informações que auxiliem as organizações no desenvolvimento de relatórios de sustentabilidade corporativa. Busca, ainda, melhorar a qualidade, o rigor e a utilidade destes relatórios, harmonizando as informações econômicas, ambientais e sociais, através de um suporte ativo de engajamentos vindos de várias partes interessadas.

Os indicadores são informação seleta e processada, que permitem sintetizar informação sobre uma realidade complexa e variável (CAMARGO, UGAYA e AGUDELO, 2004, p.6). Portanto, são a base na qual podem ser pautados os critérios para se fazer as avaliações e análise acerca do que se quer precisar, planejar e divulgar. É justamente a precisão de aspectos abstratos em números e medidas que permitem a dinâmica do processo contínuo de ‘retroalimentação-avaliação-revisão’, configurando-se como os influenciadores das decisões resultantes desse processo (EPE, 2006, p.27). A principal vantagem dos indicadores é a sistematização do procedimento de análise e avaliação, reduzindo sua subjetividade (LEYEN, 2008, p.160).

Por serem resultado de síntese e apresentarem apenas uma sinalização da real proporção dos impactos, os indicadores de sustentabilidade poderiam ser apontados como reducionistas. Mas, uma breve análise de sua origem permite ver que, na verdade,

são a forma de tornar viável a apresentação dos impactos e permitir sua interpretação para a tomada de decisões. Apreende-se que, para a avaliação dos impactos de qualquer empreendimento sobre um ambiente, se faz necessário conhecer suficientemente tanto a ação impactante como o meio que a receberá. Isso implica em obter dados, proceder às análises e saber interpretar os resultados. Assim, para se descrever um meio, e como nele se processarão os impactos decorrentes de uma atividade, são usados dois enfoques. Um é o qualitativo, em que se examina o ambiente e revisam-se as características do empreendimento, procurando identificar as áreas sensíveis e críticas à ação prevista. O outro, quantitativo, busca encontrar valores e índices dos elementos que compõem o ambiente, destinando-se a conhecer a escala dos impactos sobre os fatores antes qualificados (EPE, 2006, p.29; CAMARGO, UGAYA e AGUDELO, 2004, p.7).

Para se conhecer esses fatores, no entanto, existem algumas dificuldades. A mensuração direta dos elementos não é viável, seja pela complexidade dos fatores, como pelo tempo e custo que isso despenderia. Por serem esses conhecimentos imprescindíveis, recorre-se a métodos indiretos de mensuração, que possam identificar as variáveis/características do ambiente e permitir previsões e interpretações das reações que ali ocorram. Para isso, são utilizados indicadores ambientais sensíveis às intervenções. Os indicadores condizem, em geral, com uma expressão quantitativa que revela o estado de um ambiente e/ou descreve seu funcionamento, permitindo estimar as mudanças verificadas por causa da(s) intervenção(ões) conhecidas. (CAMARGO, UGAYA e AGUDELO, 2004, p.7). Para isso, destaca-se que a aplicação de tais indicadores exige um sistema robusto e seguro de coleta e armazenagem de informações.

Em suma, as informações expressas na forma de indicadores e índices são números que procuram retratar a realidade sob um determinado ponto de vista, ou a relação entre seus diversos aspectos. Permitem, pois, sintetizar a realidade complexa e variável, resumindo informações relevantes de um fenômeno particular ou de um sistema em termos de atributos expressivos e perceptíveis. Os indicadores tornam os fenômenos e impactos ambientais mais aparentes, o que possibilita o monitoramento dos sistemas complexos que a sociedade considera importantes e precisa gerir (EPE, 2006, p.29). Bellen (2005), coloca que “de um modo geral, as principais funções dos indicadores são:

- Avaliação de condições e tendências;
- comparação entre lugares (ambientes) e situações;
- avaliação de condições e tendências em relação às metas e aos objetivos;
- provisão de informação de advertência”;

Conseguintemente, na seara do desenvolvimento sustentável, os tomadores de decisões, atuando nos diferentes níveis de gestão (local, regional, nacional, internacional e setorial), encontram a necessidade de informações sobre esse processo. Neste sentido, os indicadores de sustentabilidade mostram as variações de valores ou estados de determinada variável, que se apresentando distintos no tempo, sinalizam aspectos fundamentais ou prioritários no processo de desenvolvimento, particularmente em relação às variáveis que afetam a sustentabilidade destas dinâmicas. Por exemplo, a taxa de

crescimento do parque automotivo de uma cidade poluída e congestionada, além de ser uma estatística é também um indicador que não só se refere à quantidade de veículos que se somam ao parque todo o ano, mas também informa que crescerá a pressão de emissões de contaminantes e também que provavelmente piorarão as condições de congestionamento e tempo de transporte, refletindo numa diminuição da qualidade de vida (CAMARGO, UGAYA e AGUDELO, 2004, p.6).

Salgado (2005, p.2) denota que “os indicadores de sustentabilidade empresarial são instrumentos úteis no auxílio à identificação de que pode ser possível, ao longo do tempo, alcançar suas quatro dimensões: a econômica, tecnológica, ambiental e social de modo equilibrado e eficiente”. Portanto, são proeminentes para a gestão ambiental governamental e empresarial, uma vez que são utilizados para:

- Definição de metas a serem alcançadas;
- avaliação do nível em que a empresa e suas unidades operacionais se encontram em relação a metas previamente definidas e/ou em relação aos concorrentes, parceiros e demais unidades operacionais;
- realização de correções de rumo, sempre que necessário;
- avaliação do seu desempenho ao longo do tempo;
- avaliação de conformidade perante legislações e normatizações de mercado;
- apresentação de seu desempenho a terceiros.

Como exemplo, citamos o uso de indicadores de sustentabilidade no planejamento em longo prazo da matriz energética brasileira. A análise utilizando os indicadores é entendida como essencial para subsidiar a tomada de decisões estratégicas a respeito das opções para a expansão, no longo prazo, da oferta de energia em quantidade e qualidade compatíveis com os princípios do desenvolvimento sustentável. A Matriz Energética pode ser compreendida como um instrumento técnico que permite a verificação da coerência entre as políticas e estratégias setoriais e as ações por elas desencadeadas, sendo a expressão das respostas do mercado e da sociedade às opções estabelecidas. Pode também ser entendida como um instrumento de acompanhamento e avaliação que realimenta o processo de planejamento do setor energético, permitindo o ajuste dos parâmetros de oferta e demanda e contribuindo para que as matrizes futuras reflitam com melhor fidelidade as políticas e estratégias desejadas. Por isso, os indicadores de sustentabilidade são de grande importância para a avaliação e o monitoramento da evolução do setor energético do ponto de vista da dimensão socioambiental, por permitirem ajustes e ações mitigadoras ou proativas em busca de aperfeiçoamento nas políticas, estratégias, planos e programas para a expansão da oferta de energia (EPE, 2006, p.27-28).

Assim, os indicadores de sustentabilidade são utilizados para fornecer informações sobre condições ou tendências do desenvolvimento sustentável, alertar aos tomadores de decisão, subsidiar o processo de formação de políticas, simplificar a comunicação e promover o entendimento sobre questões chave e suas tendências, fornecendo a base referencial necessária para a definição de estratégias e ações (EPE, 2006, p.30). Disto

que os indicadores de sustentabilidade empresarial são mensurados e apurados para serem utilizados e servir: no nível operacional e/ou gerencial da empresa - divulgados internamente para gerências, média ou alta direção da empresa; e também externamente – divulgação pública através de 'Relatórios de Desempenho' ou 'de Atividades', feita consoante o grau de RSE – se 'conveniente' à empresa.

Seguindo uma evolução conceitual, em função das demandas contextuais e de aplicação, os indicadores propostos para o âmbito da gestão ambiental deixaram de ser cunhados como 'indicadores ambientais', ascendendo à denominação 'indicadores de eco-eficiência', conforme expõe Fet (2002):

> Os indicadores de eco-eficiência vêm sendo propostos como instrumentos de gestão capazes de monitorar e reportar o desempenho ambiental e econômico das empresas. Juntamente com os relatórios de sustentabilidade das empresas, eles são a tendência mais recente, em substituição à prática tradicional de reportar indicadores ambientais.

O termo 'eco-eficiência' foi cunhado pela primeira vez pelo Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável (WBCSD – *World Business Council for Sustainable Development*), quando da publicação do livro *Changing Course*[22], em 1992. Segundo o WBCSD (2000a):

> Atinge-se a eco-eficiência através da oferta de bens e serviços a preços competitivos, que tanto satisfaçam as necessidades humanas e contribuam para a qualidade de vida quanto reduzam progressivamente o impacto ecológico e a intensidade de utilização de recursos ao longo do ciclo de vida, até atingirem um nível, que, pelo menos, respeite a capacidade de sustentação estimada para o planeta Terra.

A eco-eficiência pode também ser definida como a síntese da eficiência econômica e ambiental em paralelo, em que o prefixo 'eco' representa a economia e a ecologia (LEYEN, 2008, p.25). De acordo com as definições do WBCSD (2000a), em síntese a eco-eficiência está contida em sete princípios básicos:

- Redução da intensidade de insumos requeridos na produção de bens e serviços;
- redução da intensidade energética (gastos na produção de bens e serviços);
- redução da dispersão de substâncias tóxicas (resíduos poluentes produzidos);
- aumento da reciclagem e da reciclabilidade dos materiais;

---

[22] O livro *Changing Course* foi publicado pela organização da comunidade corporativa internacional, através de organizações como a Câmara de Comércio Internacional - CCI e o Conselho para o Desenvolvimento Sustentável - BCSD – (*Business Council for Sustainable Development*), trazendo uma visão global do mundo dos negócios a respeito de desenvolvimento e meio ambiente, juntamente com seu comprometimento com o desenvolvimento sustentável. No livro, os líderes de negócios reconheceram que os ganhos econômicos não podem ser alcançados pela exploração ilimitada dos recursos naturais da terra, como se estes tivessem custo zero (WBCSD, 2000b).

- otimização do uso de materiais renováveis;
- prolongamento do ciclo de vida do produtos (aumento da durabilidade dos bens);

Vê-se que a eco-eficiência traduz a real necessidade de produzir mais com menos recursos, e não somente priorizar a reutilização/reciclagem de materiais, mas sim a redução do consumo de recursos naturais e impactos sobre o ambiente (SALGADO, 2005, p.3). O WBCSD (2000a) ressalta que a eco-eficiência não se limita a incrementar a eficácia de práticas e hábitos existentes, mas envolve também o estímulo à criatividade e busca de novas soluções em toda a cadeia de oferta e de valor do produto.

Existe uma tendência por parte de muitas empresas e instituições de considerarem a eco-eficiência como sinônimo de sustentabilidade corporativa, mas, na verdade, eco-eficiência é um dos critérios da sustentabilidade (ALMEIDA, 2006). A respeito disto, o WBCSD (2000a) cita que a eco-eficiência integra somente dois dos três pilares da sustentabilidade - a economia e a ecologia -, ficando o terceiro - o progresso social - de fora do seu âmbito. A integração dos pilares social e econômico é objeto de um segundo conceito, a socioeficiência. A reunião desses três conceitos é que perfazem o conceito da sustentabilidade corporativa (Figura 19), da mesma forma que os indicadores de sustentabilidade integram os indicadores sociais e de eco-eficiência (LEYEN, 2008, p.27). Portanto, o indicador ‘Pegada de Carbono’ integra os indicadores de sustentabilidade, mas isoladamente é um indicador de eco-eficiência.

Figura 19 - Integração dos conceitos de eco-eficiência e socioeficiência à sustentabilidade corporativa. Adaptado de Leyen (2008).

Diversos autores e instituições propuseram diferentes abordagens para a escolha e implementação de indicadores de eco-eficiência (EIK *et al.*, 2001; FET, 2002; SALGADO, 2004; UNCTAD, 2004; WBCSD, 2000b). O WBCSD (2000b) propõe uma abordagem

contendo três níveis de organização da informação da eco-eficiência: categorias, aspectos e indicadores. Esses níveis são consistentes com a terminologia utilizada nas séries ISO 14000 e na Global Reporting Initiative (GRI, 2006). Embora haja correlação entre os princípios, objetivos e características determinados pelas duas instituições, estas propõem dois diferentes métodos de cálculo para os indicadores. Segundo o WBCSD (2000b), um indicador de eco-eficiência é dado por:

$$Eco - eficiência_{WBCSD} = \frac{Valor\ do\ produto\ ou\ serviço}{Influência\ ambiental}$$

Já de acordo com o UNCTAD (2004), a eco-eficiência é a razão inversa à proposta acima, o que o WBCSD define como Intensidade de Impacto:

$$Eco - eficiência_{UNCTAD}\ ou\ Intensidade\ de\ impacto_{WBCSD} = \frac{Influência\ ambiental}{Valor\ do\ produto\ ou\ serviço}$$

Huppes e Ishikawab (2007) acreditam que a eco-eficiência, conceito geral e abrangente, possui variantes que ‘residem’ sob seu ‘guarda-chuva’. Os autores, em acordo com outros (FET, 2002; KICHERER, 2006; MARZULLO, 2007; SCHMIDT *et al.*, 2004; VIANNA, 2006), sugerem que os indicadores de eco-eficiência escolhidos sejam ponderados e somados em um índice sintético, a fim de permitir comparação entre alternativas para uma mesma finalidade. Um índice sintético certamente facilitaria a tomada de decisões acerca da escolha entre duas alternativas de processo para se obter o mesmo valor. Contudo, ao se adotar esse método, deve-se ter o cuidado de não omitir informações sobre os valores obtidos em cada categoria e aspecto considerados, sob pena de mascarar os resultados sob um valor único em si somente não representa a análise de todos os aspectos que merecem ser considerados (LEYEN, 2008, p.33).

Essa abordagem é criticada por WBCSD (2000b) e UNCTAD (2004), segundo os quais diferentes indicadores não devem ser fundidos em um único número. Segundo os autores, as empresas devem optar pelo uso de um conjunto de indicadores que melhor se adéquem a seu processo de comunicação e tomada de decisões. A respeito desta questão, SACHS (2007) pondera que a utilização de um conjunto de indicadores é mais vantajosa em relação à adoção de indicadores sintéticos, pois assim não há riscos de se perder a real informação sobre os extremos ou limites, mais importantes do que as médias. Como exemplo, podemos tomar o discorrimento de Goldemberg e Lucon (2008, p.27) a respeito do indicador ‘conexão energia-desenvolvimento’, considerado como a capacidade de uma economia sustentar um aumento no seu produto interno bruto. Segundo os autores:

> Tal indicador – usado amplamente por economistas – é uma medida grosseira do bem estar geral de uma população, pois não considera a

> questão das desigualdades sociais dentro de um dado país. Os pobres não apenas consomem menos energia do que os ricos, mas também tipos diferentes de energia. Como consequência, o impacto ambiental da energia consumida pelos diferentes grupos da sociedade é diferente.

Há que se atinar, contudo, para o equilíbrio, harmonia e coerência dos indicadores de eco-eficiência selecionados para com os resultados almejados. Na seleção dos indicadores, qualitativa e quantitativamente, define-se também o nível de detalhamento das informações a se trabalhar. Muitos indicadores, ou extremamente detalhados, ao invés de garantir maior precisão, poderia gerar dificuldades no processamento, interpretação dos resultados e conclusão sobre os impactos, em escala e importância. Em contrapartida, a escolha de poucos indicadores, ou muito superficiais, poderia tornar as informações insuficientes para a constatação dos impactos do empreendimento (CAMARGO, UGAYA e AGUDELO, 2004, p.7) De acordo com SACHS (2007), a prática ideal "é a realização de estudos comparativos, a partir da definição de 10 a 12 indicadores mais pertinentes para o caso, seguindo pela comparação de trajetórias através de perfis".

Ainda, a classificação e identificação de variáveis/impactos através de indicadores deve ser feita com cuidado, com fins de que o instrumento não se torne apenas uma forma de replicar soluções prontas. Os indicadores de eco-eficiência, quando usados para comparação de casos, devem objetivar a busca por soluções cada vez melhores, e não meramente a criação de classificações. A definição do que deve ser medido e de que forma é a grande contribuição científica para a operacionalização do desenvolvimento sustentável (LEYEN, 2008, p.33).

Conclusivamente, pode-se chegar ao consenso de que ambas as formas podem ser utilizadas – conjunto de indicadores ou condensação em um indicador sintético -, prestando-se cada uma delas a um escopo e nível de detalhamento diferenciados. É certo que o uso de um indicador sintético não pode suplantar o estudo, detalhamento e divulgação do conjunto de indicadores usados. Se usado, pelas vantagens de comparação e pública divulgação expostas, deve mencionar claramente seus fins e apontar para a descrição os indicadores de eco-eficiência, no caso de o objetivo do usuário ser a interpretação e gestão (tomada de ações) quanto às variáveis e impactos relacionados.

Assim, percebe-se que as formas de apuração e agregação dos dados para elaboração dos indicadores de sustentabilidade (de um modo geral) variam de acordo com seus objetivos e público-alvo. Não obstante, o fundamental é que estes não podem prescindir de representatividade, objetividade, consistência, clareza, transparência e comparabilidade (SALGADO, 2005, p.2). Para prestarem-se a isso, os indicadores tem de ser bem formulados, consoante critérios bem estabelecidos. O WBSCD (2000b, p.31) elenca os seguintes princípios para a definição e utilização de algum indicador de eco-eficiência:

- Ser relevante e significativo quanto à proteção do meio ambiente e da saúde humana e/ou à melhoria da qualidade de vida;

- fornecer informações úteis aos tomadores de decisão, consoante o objetivo de melhorar o desempenho da organização;
- reconhecer a diversidade inerente a cada negócio;
- apoiar o *benchmarking* e monitorar a evolução do desempenho;
- ser claramente definido, mensurável , transparente e verificável (auditável);
- ser compreensível e significativo para os diversos intervenientes;
- basear-se numa avaliação geral da atividade da empresa, produtos e serviços, focando principalmente as áreas de interesse, e controladas diretamente, pela gestão;
- abranger questões relevantes e significativas relacionadas com as atividades da empresa a montante (e.g. fornecedores) e a jusante (e.g. utilização do produto).

Cumpridas essas exigências os indicadores de eco-eficiência podem servir a dois âmbitos de aplicação, podendo ser indicadores genéricos e específicos. Os indicadores de aplicação genérica são aqueles que podem ser utilizados por praticamente todos os processos produtivos/empreendimentos, embora possam admitir valores e grau de importância diferentes, consoante a área de negócios. Para que estes indicadores de eco-eficiência sejam viáveis e aceitos, há de haver um acordo ou consenso internacional a respeito de alguns critérios. Primeiramente, devem ser relacionados a uma preocupação ambiental global. Devem também ser relevantes e significativos para praticamente todos os tipos de negócios. Além disso, os métodos para sua medição devem ser estabelecidos e suas definições globalmente aceitas (WBCSD, 2000b). Como exemplos de indicadores de eco-eficiência genéricos temos:

- Consumo de energia;
- consumo de materiais;
- consumo de água;
- emissões de GEE;
- emissões de substâncias deterioradoras da camada de ozônio;
- resíduos totais;
- emissões gasosas acidificantes.

Já os indicadores de eco-eficiência específicos são definidos de acordo com a área de negócios relacionada ao sistema produtivo/empreendimento em questão. Assim, as abordagens para medição e definição dos indicadores, bem como sua relevância e peso variam de negócio para negócio (LEYEN, 2008, p.34). O WBCSD (2000b) sugere que os indicadores específicos sejam definidos segundo o critério de seleção de indicadores de desempenho ambiental descritos na norma ISO 14031 (Avaliação de Desempenho Ambiental), podendo ainda ser definidos em diferentes níveis (corporativo, fabril, etc.), consoante sua utilidade para a gestão das atividades e finalidade (e.g. uso interno ou externo). Na construção dos indicadores de eco-eficiência específicos, alguns fatores devem ser observados nos momento da obtenção das informações que irão compor os indicadores e na comunicação destes, como:

- Seleção de fronteiras;
- disponibilidade da informação;
- sensibilidade e erro;
- transformação e conversão;
- agregação;
- interpretação e definição de padrões;
- entendimento das necessidades dos utilizadores;
- âmbito e limitações (LEYEN, 2008, p.35).

Diversas publicações comprovam quês está havendo uma crescente progressão de trabalhos acadêmicos, no setor de petróleo e gás (como em outros), abordando o estabelecimento de indicadores de eco-eficiência, conjuntamente com estudos abrangendo também utilização de outras ferramentas de análise de desempenho quanto à sustentabilidade: planejamento estratégico corporativo, gestão tecnológica, gestão empresarial corporativa, diálogo com os intervenientes, entre outras. Diversos autores acreditam que a fim de se operar de forma sustentável, é necessária a adoção de instrumentos como indicadores de eco-eficiência que permitam a quantificação, controle e melhoria do desempenho ambiental e econômico das atividades, e que estes indicadores são o instrumento propício para se atingir tais objetivos (EIK *et al.*, 2001; FET, 2002; SALGADO, 2004; UNCTAD, 2004; WBCSD, 2000b).

Exemplos de indicadores de eco-eficiência específicos são encontrados em LEYEN (2008), em estudo objetivando sistematizar a operacionalização e gestão de processos da Unidade de Operações da Petrobras na Amazônia (UO-AM) (Tabela 4). A definição dos indicadores seguiu os princípios determinados pelo 'Conselho Mundial de Desenvolvimento Sustentável e pelas Nações Unidas', ambicionando a documentação e análise do desempenho e progresso da eco-eficiência da UO-AM, permitindo a identificação de oportunidades de melhoria em áreas onde a melhoria seria limitada ou mesmo impossível.

Vê-se que o indicador referente às alterações climáticas (*emissões de GEE/volume de óleo e gás produzido*) ainda não é utilizado pela unidade. Contudo, buscando superar o desafio das mudanças climáticas, a Associação Internacional dos Produtores de Óleo e Gás – OGP (*International Association of Oil and Gas Producers*) instituiu um conjunto de indicadores de eco-eficiência com objetivo de possibilitar o estabelecimento de referenciais de *benchmarking* internacional. Logo, as 38 companhias de petróleo membras da OGP, entre eles a Petrobras, devem enviar anualmente os seguintes indicadores à Associação (LEYEN, 2008, p.14):

- Emissões de CO_2 / Hidrocarboneto Produzido (t/Mt);
- emissões de CH_4 / Hidrocarboneto Produzido (t/Mt);
- emissões de NMVOC[23] / Hidrocarboneto Produzido (t/Mt);

[23] NMVOC (*Non-Methane Volatile Organic Compounds*) – compostos orgânicos voláteis não-metânicos, ou seja, todos os hidrocarbonetos, com exceção do metano, liberados para a atmosfera.

- emissões de SO_2 / Hidrocarboneto Produzido (t/Mt);
- emissões de NO_x / Hidrocarboneto Produzido (t/Mt);
- energia Consumida / Hidrocarboneto Produzido (GJ/t)

Tabela 4 - Proposta de indicadores de eco-eficiência para a UO-AM. Fonte: LEYEN (2008, p.158).

Categorias	Aspectos	Indicadores	Unidade
Energia e atmosfera	Energia consumida	*Volume de gás queimado como combustível / Volume de óleo e gás produzido*	Nm^3/boe
	Emissões de GEE	*Emissões de GEE / Volume de óleo e gás produzido*	tCO2eq/boe
		* # *Volume de gás associado utilizado / Volume de gás associado produzido*	%
	Emissões de poluentes acidificantes	*Emissões de SOx e Nox / Volume de óleo e gás produzido*	t/boe
Recursos hídricos	Consumo de água	* *Volume de água doce captada em todas fontes / Volume de óleo e gás produzido*	m^3/boe
	Efluentes líquidos lançados	*Volume de efluentes lançados / Volume de óleo e gás produzido*	m^3/boe
	Teor de óleo e graxa dos efluentes	* *Teor de óleo e graxa medido em laboratório*	ppm
Resíduos e materiais	Resíduos gerados	*Resíduos totais gerados / Volume de óleo e gás produzido*	m^3/boe
Cobertura vegetal	Clareiras abertas	*Área total de clareiras abertas / Volume de óleo e gás produzido*	m^2/boe
Recuperação de áreas impactadas	Áreas impactadas recuperadas	* # *Área reflorestada / Área a reflorestar*	%
Transportes	Comprimento de estradas pavimentadas	*km pavimentados / Volume de óleo e gás produzido*	km/boe
Gerenciamento de riscos e contingência	Vazamentos	* *Volume de óleo vazado / Volume de óleo e gás produzido*	m^3/boe

* Os indicadores identificados já são aplicados pela UO-AM.
# O valor máximo dos indicadores identificados é 100%. Quanto mais próximo desse valor, melhor o resultado obtido. Todos os demais indicadores têm melhor resultado para valores menores.

Por ventura, Leyen (2008, p.160) assesta que “é possível desdobrar os indicadores propostos para processos específicos dentro da unidade, onde outros parâmetros podem ganhar importância, justificando seu monitoramento”. Em se aplicando a assertiva ao indicador para emissão dos GEE por óleo e gás produzidos, poder-se-ia estimar as emissões para além das emissões diretas do setor, e.g. incluindo as emissões de todos os processos de logística que dão suporte para que a produção aconteça.

O uso de indicadores como ‘emissões de GEE’ é bastante justificável, pelo que as principais preocupações em termos de mudanças climáticas estão relacionadas ao aumento das emissões de GEE e seus potenciais efeitos, com consequencias para os ecossistemas, populações e atividades econômicas. Essa preocupação se deve ao fato de que, apesar dos progressos alcançados, as emissões de GEE continuam aumentando em diversos países. O desafio é, portanto, limitar as emissões dos GEE, e estabilizar sua concentração na atmosfera em níveis que permitam a prevenção de impactos negativos ao clima terrestre (EPE, 2006). A Empresa de Pesquisa Energética (EPE) brasileira reconhece que “um dos maiores responsáveis pelo aumento das emissões de GEE é o setor de energia. Um grande desafio para a sociedade atual é atender sua demanda por energia sem colocar em risco a estabilidade do clima do globo”.

Desta forma, estimar as emissões adicionais para que o país possa atender sua demanda futura de energia é importante ferramenta, tanto para balizar o planejamento do desenvolvimento como para sustentar os pleitos referentes às necessidades de emissão dos países de industrialização recente (EPE, 2006). Por isso, nesse planejamento a EPE utiliza como um de seus indicadores, o indicador de eco-eficiência ‘emissões de GEE’ - decorrentes da produção e uso de energia. Com base nas emissões anuais são obtidos também indicadores de emissões totais por PIB e emissões totais *per capita*.

A Petrobras, única empresa brasileira do setor de energia que define parâmetros para avaliar a sua sustentabilidade, apresenta 28 indicadores de sustentabilidade (

Tabela 5), dos quais alguns são dedicados à questão das alterações climáticas mundiais (AMARAL, 2002, p.11)

Tabela 5 - Indicadores de sustentabilidade corporativa da Petrobras. Fonte: Amaral (2004, p.11).

INDICADORES AMBIENTAIS	Fatores ou Parâmetros
1. Emissões atmosféricas	Emissões SO_x NO_x VOCs e CH_4
	Emissões CO e CO_2
	Emissões de material particulado
	Emissões totais pelos *flares*
2. Efluentes líquidos	Emissão de OeG e de NH_3
3. Derramamento de óleo e derivados no Meio Ambiente	Derramamento na Água
	Derramamento no Solo
4. Manejo de Resíduos Sólidos	Abatimento de resíduos estocados (%)
	Abatimento de resíduos gerados (%)

O Programa Petrobras Ambiental promove o aperfeiçoamento do sistema de monitoramento e gestão dos investimentos em patrocínios ambientais da companhia ao incorporar indicadores e metas de desempenho. Com isso, além de facilitar a avaliação do programa, é possível sistematizar e difundir boas práticas de gestão das organizações parceiras, favorecendo a replicabilidade das ações. Dentre os indicadores do Programa estão os seguintes:

- Fixação de carbono e emissões evitadas de GEE: Meta - 70% dos projetos patrocinados dedicados ao tema apresentando resultados positivos, expressos e avaliados por metodologias e padrões reconhecidos, quanto à fixação do carbono e/ou emissões evitadas de GEE, decorrentes dos objetivos estabelecidos;
- capacitação das instituições parceiras em gestão e temas específicos (MDL, formação de parcerias, comunicação e multiplicação de resultados): Meta - 70% de integrantes de equipes técnicas ou representantes dos projetos capacitados;
- adoção de medidas de consumo consciente e/ou eficiência energética: Meta - 80% dos projetos patrocinados demonstrando a adoção de iniciativas ecoeficientes em suas práticas de gestão.

Inúmeras outras organizações nacionais e internacionais utilizam também alguns indicadores de eco-eficiência similares no tocante às mudanças climáticas. No entanto, nota-se que as emissões propostas abarcam somente as emissões diretas de alguns processos e setores das organizações, havendo a necessidade de se ampliar a abrangência das emissões estimadas. Os inventários de emissões são (quanto mais abrangentes) importantes ferramentas para o planejamento energético-ambiental. O conhecimento de intensidades de emissões ao longo do tempo e suas origens permite um melhor controle de poluição, pois se podem identificar setores, regiões e tipologias (industriais e não-industriais, como postos de combustíveis, queimadas, estabelecimentos comerciais poluentes, vias de tráfego intenso, aeroportos). Pode-se também estabelecer comparações entre diferentes combustíveis e tecnologias (como termelétricas a carvão, gás natural e biomassa), políticas sobre combustíveis (como a redução do teor de enxofre no diesel e na gasolina) ou até negociações internacionais sobre limites de emissões de GEE (GOLDEMBERG e LUCON, 2008, p.114). A inventariação de todas as emissões envolvidas com a existência de uma atividade/organização é o que constitui justamente a Pegada de Carbono da mesma.

2.5 A Pegada de Carbono

O cerne da questão atinente à reversão das alterações climáticas é justamente a redução da concentração de GEE na atmosfera, merecendo destaque a busca pela neutralização das emissões de GEE. Por neutralização deve-se entender a redução das emissões de GEE a um nível que não afetem o equilíbrio de gases atmosféricos (nível

natural) e, assim, não ocasionem alterações climáticas. Logo, o vocábulo neutralização não é sinônimo de anulação. Assim, a neutralização é ação voluntária que pode ser adotada por empresas (e indivíduos) numa tendência pró-ativa em favor do meio ambiente. Brandão (2008, p.11) assegura que “o conceito de ‘carbono neutro’ surge nos debates sobre aquecimento da temperatura global representando uma nova maneira das companhias comunicarem aos consumidores sua preocupação e conscientização ambiental”. O autor (2008, p.9) manifesta que:

> A participação na construção de uma sociedade mais justa, livre e solidária é fundamental para a humanidade. Fazer parte integrante da responsabilidade social e individual torna o homem um agente transformador do mundo ao seu redor. Conscientes das suas responsabilidades, homens, empresas e governos atuando juntos, em processos de neutralização de suas emissões, contribuem para minimizar a degradação do meio ambiente para as gerações futuras. Neutralizar também significa permitir a equidade, a participação de todos na responsabilidade e nos benefícios de suas conseqüências.

O primeiro passo para promoção da neutralização das emissões de GEE é a realização do inventário das suas emissões. Dentre as vantagens proporcionadas, o inventário pode fornecer informações valiosas sobre riscos e oportunidades de atuar em uma economia com restrição de carbono. Estrategicamente, tais informações podem ser relevantes para manter a licença de operação da empresa, assegurar sucesso de longo prazo no competitivo ambiente de negócios e estar em conformidade com políticas emergentes nacionais, regionais e internacionais dirigidas para reduzir as emissões corporativas de GEE (CHAN, 2006, p.71). O inventário das emissões totais de um processo produtivo/empresa constitui-se justamente na sua ‘Pegada de Carbono’.

A origem do termo ‘Pegada’ de Carbono é remetida ao conceito ‘Pegada Ecológica’, um indicador de sustentabilidade ambiental que quantifica os recursos materiais e energéticos (e.g. quanta água e que extensão de terra) que uma população humana necessita para produzir os recursos que consome e para absorver seus resíduos com as tecnologias então existentes, em um intervalo de tempo. Trata-se de uma análise que compara a demanda humana na natureza com a habilidade desta em prover serviços e regenerar-se. A contabilização dos recursos é similar à da análise de ciclo de vida (ACV), porém convertida em uma unidade comum. Dessa forma, o uso de energia, materiais, a pressão sobre a atmosfera e águas, o impacto sobre florestas e outros fatores são convertidos em uma medida padronizada, em geral hectares de terra equivalente ou mesmo ‘Planetas Terra’ (GOLDEMBERG e LUCON, 2008, p.171).

Antes conhecida como ‘capacidade de suporte do meio’ (*carrying capacity*), a pegada ecológica (ou ‘rastro ecológico’, do inglês *ecological footprint*) da humanidade foi estimada pela primeira vez em 1961, estando em cerca de metade do que o planeta podia prover. Em 1986, pela primeira vez, as demandas humanas superaram a biocapacidade planetária, o que se propaga até a atualidade (GFN, 2008, p.14). Em 2005, o mais recente

ano para os quais há dados disponíveis, estima-se uma utilização de 1,3 planetas Terra (Figura 20), ou seja, a Terra levaria um ano e três meses para regenerar o que consumimos em um único ano. Apesar do método ser bastante sujeito a críticas por sua simplificação, este é bastante útil em termos de educação ambiental sobre limites naturais, comportamentos de consumo excessivos, desigualdades sociais, diferenças entre países e mudanças de padrão ao longo do tempo. Diversas organizações não-governamentais disponibilizam ferramentas de cálculo, dentre as quais se pode citar os integrantes da *Global Footprint Network* (GFN).

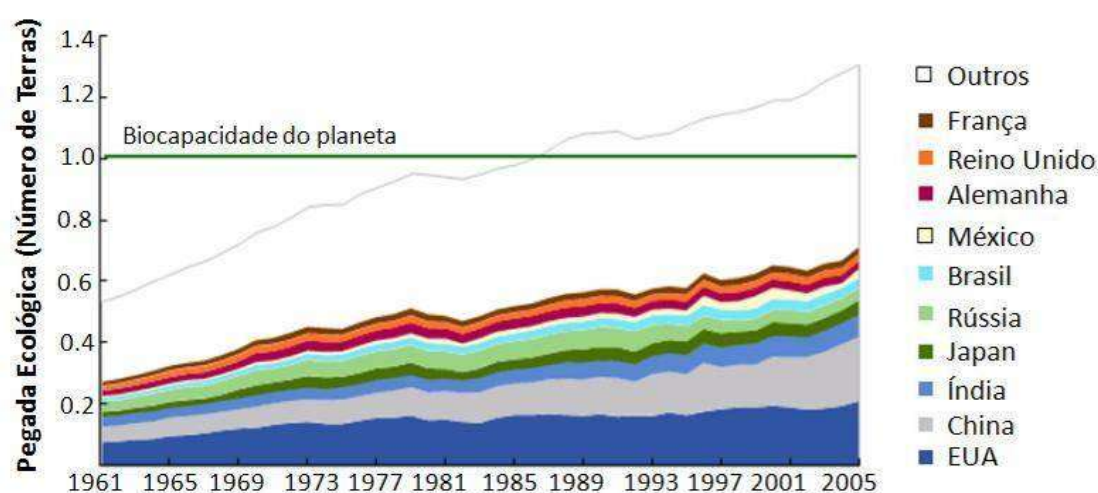



Figura 20 - Pegada Ecológica da humanidade. Fonte: GFN (2008, p.14)

A razão também pode ser expressa em área por habitante. A pegada ecológica *per capita* representa uma forma de comparação entre consumos e estilos de vida individuais, bem como os limites em seu fornecimento pelo meio ambiente: pelo lado da demanda, crescem a população e o consumo *per capita*; pela oferta, diminuem os recursos disponíveis. A capacidade biológica da Terra é de aproximadamente 1,3 hectares por habitante (1,8 ha/hab se consideradas as águas marinhas). Em 2003, a humanidade excedeu a biocapacidade do planeta em 20%. Como exemplos, cada norte-americano utilizou, exorbitantemente, o equivalente a 9,6 hectares, e cada chinês consumiu o correspondente a 1,6 ha (GOLDEMBERG e LUCON, 2008, p.171).

Em respeito à importância deste indicador no cenário político-econômico mundial, e sob sua ótica, os países podem ser divididos em devedores ou credores ecológicos. Os devedores ecológicos são os que necessitam exportar recursos naturais (e.g. alimentos, madeira), pois os utilizam além de sua biocapacidade, sendo esta a habilidade dos ecossistemas em regenerar-se. Como exemplo, os EUA, que mantinha reservas ecológicas em 1961, agora carece anualmente de 87% de recursos acima de sua biocapacidade (PNUMA, 2009a, p.5). Já os credores ecológicos são países com saldo

ambiental, e, ao prover serviços ecológicos (*e.g.* exportação de recursos, remoção de CO_2 da atmosfera), auxiliam no provimento das carências dos devedores. O Brasil, favorecido por uma biodiversidade de biocapacidade sobrepujante às próprias demandas, configura-se como um dos principais credores ecológicos.

Essa classificação é bastante recente, visto que há apenas cinco décadas, a maior parte da humanidade vivia em países dotados de reservas ecológicas, em contrapartida aos atuais 80% da população mundial que vive em países ‘devedores ecológicos’. Encontramo-nos em uma situação ambiental de ‘*overshoot* ecológico’ em que, por mais de duas décadas, o volume de recursos extraídos e resíduos produzidos (*e.g.* emissões de CO_2) está além da biocapacidade do planeta (PNUMA, 2009, p.4). Esse *déficit* de bens naturais pode ser chamado de esgotamento ecológico e o conceito de sustentabilidade está exatamente em zerar essa perda exacerbada e ao mesmo tempo em conhecer melhor as parcelas dessa contabilidade. A primeira constatação é a de que países mais desenvolvidos consomem mais por habitante e possuem uma pegada ecológica maior, tanto histórica quanto atualmente (Figura 21).

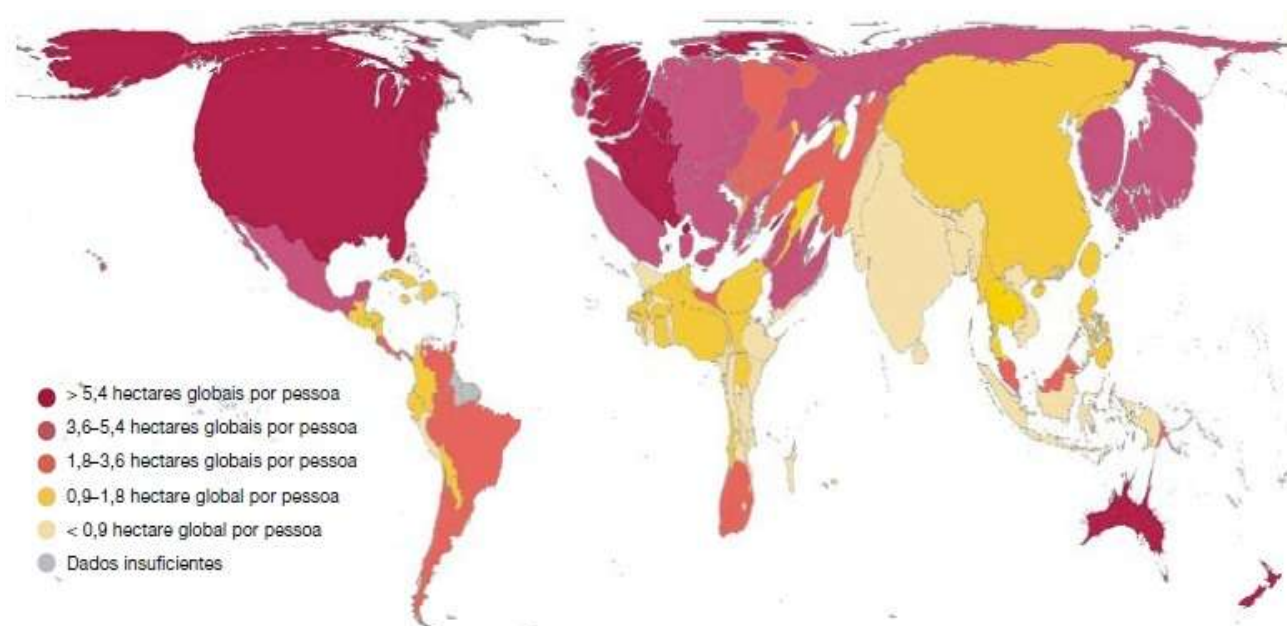



Figura 21 - Pegadas ecológicas nacionais per capita totais, em proporção à pegada global, indicadas pelo tamanho e cor do país (dados de 2003). Fonte: WWF (2006, p.16).

Examinando o contexto e delineações acerca da pegada ecológica, Goldemberg e Lucon (2008, p.171) constatam que, haja vista não haver espaço suficiente para todos consumirem dessa forma, as três possibilidades de ação para a humanidade seriam: 1) manutenção da desigualdade e exclusão; 2) competição acirrada pelos recursos; ou 3) nivelamento sustentável, por baixo, com as devidas compensações por ‘débitos’ e

‘créditos’. Obviamente, a 3ª opção seria mais plausível, seguindo a convicção de ser a sustentabilidade a alternativa que melhor atende o coletivo e garante um ambiente saudável. Contudo, se providências não forem tomadas, as previsões não são nada agradáveis, podendo a pegada ecológica da humanidade chegar ao equivalente a 2,5 Terras em 2050 (Figura 22

).

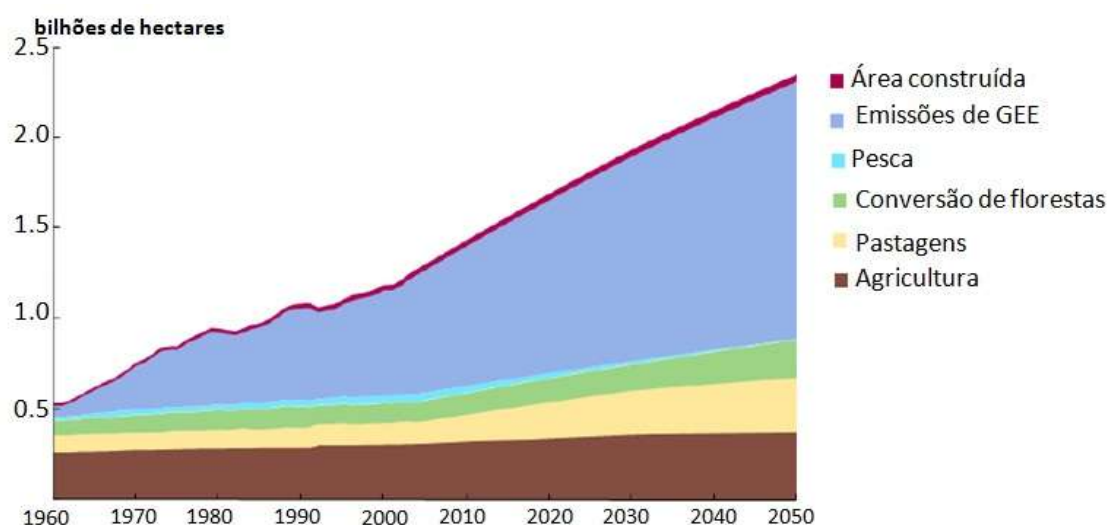
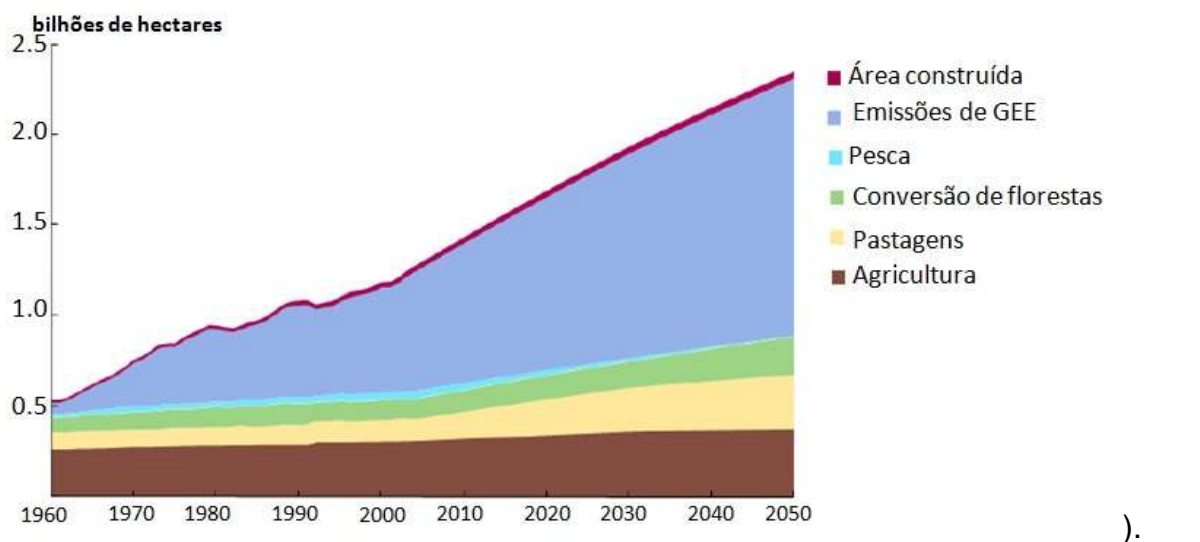



Figura 22 - Pegada ecológica da humanidade (categorizada por ações/atividades) estimada para 2050 com base nas estimativas do IPCC. Fonte: GFN (2008, p.28).

Vê-se que as emissões de GEE são as candidatas a maiores responsáveis pela pegada ecológica futura, em caso de inação pela humanidade. Por conseguinte, uma melhor compreensão das fontes de poluição (e suas emissões de GEE) é essencial para a formulação de políticas capazes de reduzi-las ou de melhorar os meios para abatê-las. A origem das emissões antrópicas desses GEE, assim como considerada pelo Protocolo

de Quioto, advêm das atividades do setor energético (e.g. transportes, produção e uso de energia), as quais permitem as emissões originárias de processos industriais (i.e. gases gerados como co-produtos dos processos industriais), do uso de solventes, do setor agropecuário (e.g. queima de cobertura vegetal, resíduos, uso do solo, desmatamento) e disposição/tratamento de resíduos (Figura 23).

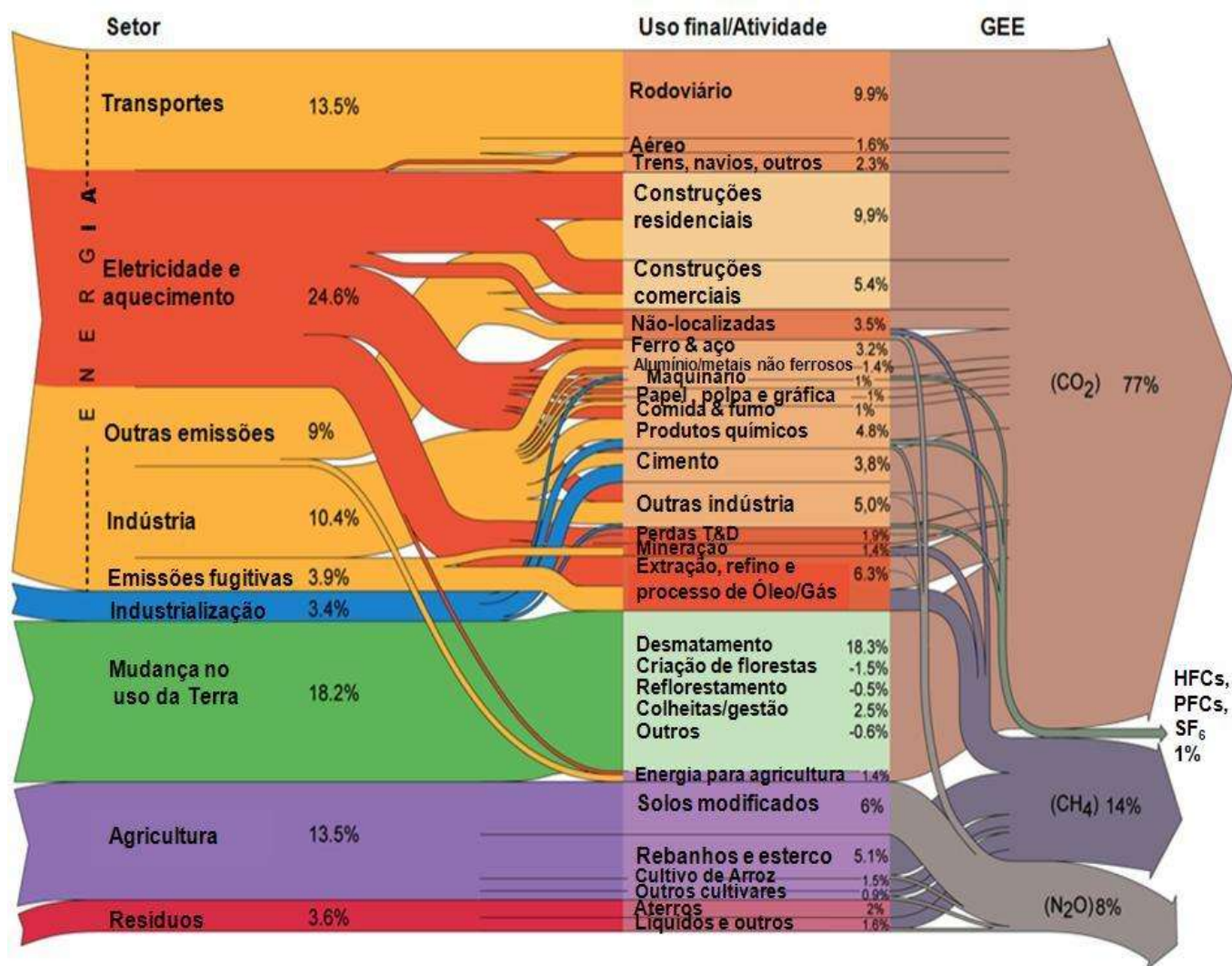



Figura 23 - Emissões antropogênicas percentuais de GEE atuais, por tipo de gás e atividade. Fonte: UNEP (2009a, p.17)

A figura expõe as emissões antropogênicas de GEE de forma bem interessante, visto que delimita primeiramente as emissões diretas de cada setor – a fim de evitar sobreposição da responsabilidade pelas emissões –, subdividindo-as por atividades posteriormente e, por fim, congregando-as nas emissões por tipo de GEE gerados. Percebe-se que alguns setores emitem mais que outros, o que demanda diferentes

estratégias em proporções variadas para mitigação de suas emissões. A tessitura de algumas ponderações nos conduzem mais facilmente a perceber o foco de aplicação das alternativas potenciais para o desafio da reversão das alterações climáticas.

Como atestado na figura, os transportes são responsáveis por 13,2% das emissões de GEE, globalmente. Juntando-se os setores de logística e transportes empresariais mundiais, o Fórum Econômico Mundial (WEF – *World Economic Forum*) estima que estes possuem uma Pegada de Carbono de aproximadamente 2.800 MtCO_2eq, excluídos os transportes de passageiros (WEF, 2009, p.8) (Figura 24).

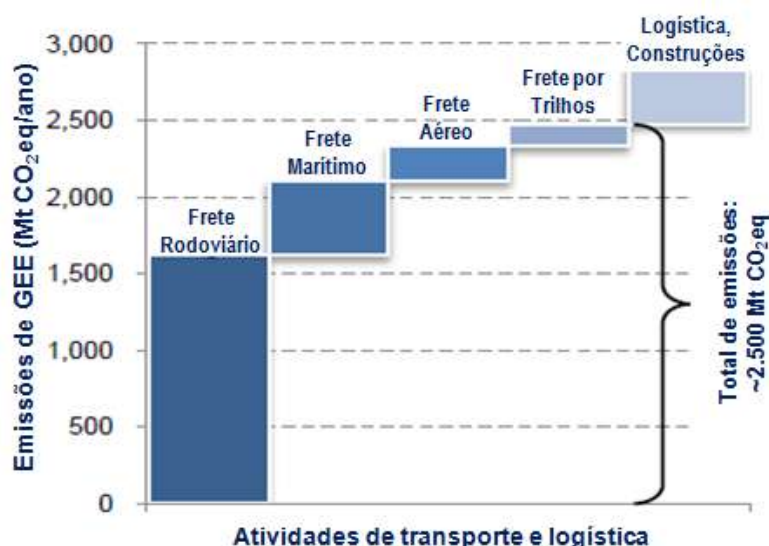



Figura 24 – Emissões de GEE (CO_2eq) globais dos setores de logística e transportes, distribuídas pelos diferentes modais. Fonte: WEF (2009, p.8).

Deste montante, as emissões de transportes automotivos respondem pela maior parte, respondendo por 57% das emissões, em segundo lugar vêm os transportes marítimos oceânicos, com 17% das emissões de GEE. Assim, absolutamente, o transporte rodoviário é o modal de transporte menos eficiente, todavia, particularmente, a avaliando-se em termos da intensidade de emissões em tonelada/km, o transporte aéreo configura-se como o mais poluente. Os mais eficientes são os transportes marítimo e ferroviário (a depender da matriz energética motora) (Figura 25). Dados do Departamento de Meio-Ambiente, Abastecimento e Assuntos Rurais (DEFRA – *Department for Environment, Food and Rural Affairs*) de abril de 2008 assestam que a intensidade de ambos equivale a cerca de 1 sexto daquelas do transporte rodoviário, e um centésimo do aéreo (WEF, 2009, p.8).

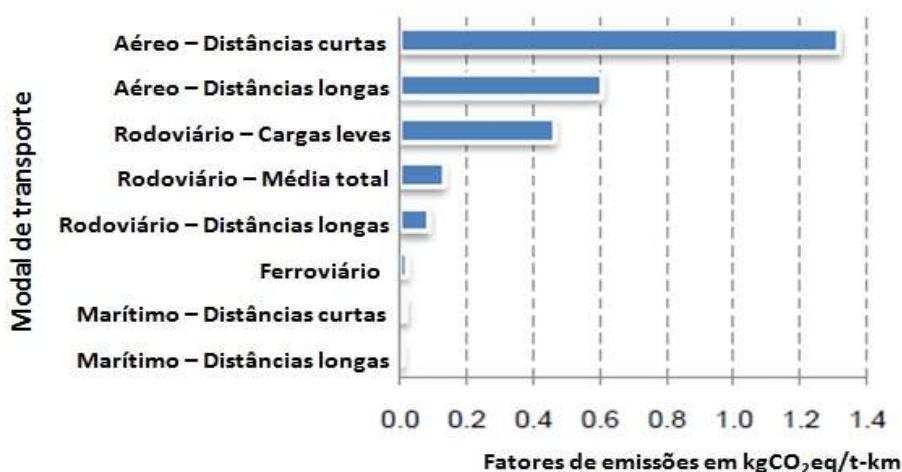



Figura 25 - Eficiência dos modais de tranportes emtermos de emissões de GEE.
Fonte: WEF (2009, p.8).

Na Pegada de Carbono total da cadeia de suprimentos, as emissões do setor de transportes e logística correspondem a 5 a 15% das emissões do ciclo de vida do produto. As atividades consideradas como maiores contribuintes por categoria de produto são o transporte de minerais e alimentos. Na UE e Noruega, minérios crus e beneficiados e materiais de construção perfazem 17% de todas as toneladas/km movidas, com alimentos e forragem animal estando pouco além dos 16% (WEF, 2009, p.8-9).

Quanto ao setor de Mudança no uso da Terra, este se refere basicamente à criação de animais, incluindo pastagens e áreas de cultivo dedicadas a produção de ração para os animais e forragem. De fato, alarmantemente, a criação de animais responde pela maior parte dos usos antropogênicos de terra (se observada a coluna 'uso final/atividade' da figura). A Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO – *Food and Agriculture Organization of the United Nations*) alerta que o total de áreas envolvidas é vasto, correspondendo a 70% de todas as terras agriculturáveis e 30% da superfície terrestre livre de gelo do planeta. Correntemente, o montante da contribuição são cerca de 18% do total de emissões antropogênicas – uma contribuição ainda maior que o setor de transportes (FAO, 2006).

A criação de animais contribui com cerca de 9% do total de emissões de CO_2, 37% de CH_4 e 65% de NO_2. Uma fonte de emissões dos GEE é a fermentação do rúmen e resíduos dos animais. O CO_2, particularmente, é emitido pelo desmatamento de áreas florestadas para transformação em pastagens e aragens para produção de culturas para ração, além das emissões (inclusas) do consumo de combustíveis fósseis usados na produção de grãos para ração (tratores, produção de fertilizantes, secagem, moagem e transporte). O mesmo se aplica ao processamento e transporte de produtos animais. Outra categoria é referente às emissões de NO_2 de plantações de leguminosas para ração e fertilizantes químicos aplicados a outras culturas (FAO, 2006, p. 272). Cabe salientar que as atividades mencionadas ocasionam ainda uma enormidade de severos prejuízos ambientais relacionados a outras searas que não as alterações climáticas. Neste ponto, a reversão das alterações climáticas demanda uma mudança de postura e hábitos das pessoas, ordenando a uma diminuição no consumo de carne e aplicação práticas agropastoris sustentáveis.

Quanto às emissões relativas a produção e consumo de energia, por ser a energia a força motriz de toda e qualquer atividade, tal setor é configurado como o maior responsável pelas emissões de GEE. A principal causa dos problemas ambientais decorrentes do uso de energia identificados é o uso de combustíveis fósseis na produção de eletricidade, no setor de transportes, na indústria e nos edifícios. A produção de hidroeletricidade e a energia nuclear também causam alguns problemas especiais, assim como a biomassa. O uso da lenha nos países em desenvolvimento é a fonte de poluição local e o desmatamento intensificado pela conversão de florestas responsável por uma considerável parcela das emissões de GEE (GOLDEMBERG e LUCON, 2008, p.215).

Reconhece-se que o setor energético apresenta impactos sócio-econômicos e ambientais significativos em todas as etapas de seu ciclo de vida. Nas etapas de exploração e produção (e.g. setor petróleo e gás) e nas etapas de implantação e geração (e.g. caso da geração de energia elétrica), por exemplo, são utilizados insumos de várias cadeias produtivas, incluindo os recursos naturais. Os efeitos sobre a atividade econômica e os impactos sobre os meios social e natural são variados, conforme o tipo de aproveitamento, a tecnologia utilizada e a gestão dos efeitos ocasionados (EPE, 2006, p.28).

Mais exemplificações de outras atividades viabilizam ainda outras ponderações. As atividades relativas ao uso de papel, polpa e gráfica, por exemplo, são, conjuntamente, apenas uma dentre as diversas atividades industriais existentes, mas ocasionam sozinhas 1% das emissões de GEE. A questão da utilização de papel perpassa por diversas questões, principalmente sociais. Conforme ocorre um crescimento na renda, os cidadãos obtêm mais acesso a outros bens de consumo que não os alimentos. O uso de papel, por exemplo, tende a aumentar à medida que as pessoas tornam-se mais alfabetizadas e aumentam os elos de comunicação. Globalmente, o consumo de papel mais que sextuplicou, entre 1950 e 1997. Em 1980, antes da introdução do computador, o consumo de papel de ofício no mundo atingiu a média de 70 milhões de toneladas por ano. Por volta de 1997 esse número mais que dobrou alcançando quase 150 milhões de toneladas (GAP, 2007).

O britânico médio consumiu 16 vezes mais papel no final do século XX do que no início. No Reino Unido, 120 bilhões de folhas de papel são impressas todo ano, emitindo 1,5 milhões de tCO_2 ao serem manufaturadas, sem contar o impacto da manufatura do equipamento de impressão e da tinta e energia consumidas pelas impressoras. Na realidade, a maior parte do papel mundial é produzida e consumida nos países industrializados. Só os EUA produz e utiliza um terço do papel mundial, e consomem mais de 300kg anuais *per capita*. Em contraste, nas nações em desenvolvimento como um todo, as pessoas consomem 18kg de papel cada uma, anualmente. Na Índia, a cifra anual é de 4kg , e em 20 nações africanas é de menos de 1kg. Mas, o aprimoramento do bem-estar social demanda o uso de mais papel. O PNUMA estima que o mínimo necessário para atender às necessidades básicas de alfabetização e comunicação situa-se entre 30 e 40kg (GAP, 2007, p.2; GARDNER, ASSADOURIAN e SARIN, 2004, p.8).

Todavia, mesmo com a necessidade pelo desenvolvimento sociocultural, há que se solucionar tal demanda ao equilíbrio ambiental, pois o apetite mundial crescente por papel

pressiona cada vez mais as florestas globais. Reservas virgens destinadas à produção de papel representam, aproximadamente, 19% da colheita mundial de madeira e 42% da madeira produzida para uso ‘industrial’ (tudo, menos lenha). Nesse ritmo, em 2050 a indústria de celulose poderá representar mais da metade da demanda industrial da madeira global (ASSADOURIAN e SARIN, 2004, p.10). Enquanto isso, a parcela do suprimento total de fibra de papel originária de fibra reciclada teve um crescimento modesto, de 20% em 1921 para 38% hoje. Porém, esse aumento de papel reciclado é pequeno, frente a aumentos bem superiores no consumo de papel não-reciclado. À luz das projeções da FAO de que o consumo global de papel aumentaria em quase 30% entre 2000 e 2010, a parcela de papel a ser reciclada será de importância crucial e terá um grande impacto sobre a saúde das florestas mundiais nos anos futuros (ASSADOURIAN e SARIN, 2004, p.13).

Face às considerações demarcadas, algumas fabricantes de papel estão buscando a neutralização de suas emissões de GEE. A empresa Océ, por exemplo, garante oferecer uma das mais vastas gamas de papéis sustentáveis, com certificações do FSC[24] (*Forest Stewardship Council*) e PEFC (sigla em inglês, Programa para o Reconhecimento de Sistemas de Certificação Florestal). Segundo a empresa, o papel ‘Océ Black Label Zero’ possui emissões zero de CO_2, graças à compensação dos GEE emitidos durante o processo de fabrico do papel. Além disso, o papel produzido é disponibilizado em 75 g/m², o que necessita de uma menor quantidade de fibras (8% a menos de madeira), e as matérias-primas utilizadas têm certificação, significando em menor prejuízo às florestas. O ‘Océ Black Label Zero’ dispõe de certificações *EU Ecolabel* e *Nordic Swan*, ligadas à sustentabilidade em toda a cadeia de produção (OCE, 2010). A empresa Suzano também segue esta linha de ação, divulgando produzir o primeiro papel fabricado no Brasil, em escala industrial, com emissões de GEE compensadas. Através da adesão ao Programa *Carbon Free*, da Iniciativa Verde, serão plantadas 5,3 árvores nativas da Mata Atlântica para cada tonelada produzida do papel[25]. Conseguintemente, companhias que queiram reduzir sua Pegada de Carbono referente ao papel, podem consumir produtos destas empresas que promovam a neutralização das emissões, de forma que a quantificação dessa Pegada de Carbono (relativa ao papel consumido pelas companhias) seria reduzida às emissões a partir da saída do produto do portão da fábrica.

Além do consumo de produtos ‘carbono neutro’, as alternativas mais citadas para mitigação das emissões referentes são justamente a redução do uso e a reciclagem. De uma maneira geral, os processos de reciclagem de fibras de celulose vêm ganhando muita visibilidade, sendo hoje um dos aspectos de maior proeminência de várias iniciativas de consumo sustentável. Ainda assim, é importante frisar que, apesar dos processos de reciclagem contribuírem para a sustentabilidade como alternativa ao uso da fibra virgem, também apresentam limitações, visto que as fibras possuem um ciclo máximo de reciclagem de 3 a 5 vezes, o que até o momento tem inviabilizado o uso de

[24] O FSC é uma organização internacional não-governamental que define critérios de certificação florestal e de cadeia de custódia em toda a cadeia produtiva do papel, iniciando com o plantio da árvore, a indústria de celulose, a transformação da matéria-prima em papel, o transporte e a impressão do produto.

[25] http://www.iniciativaverde.org.br/pt/#projetos/396

papel 100% reciclado (SOUZA, 2008, p.38). A Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Paraná optou por substituir em 100% o papel branco pelo reciclado, em todas as áreas da administração pública estadual. Segundo o governo estadual, essa iniciativa, trouxe uma economia de 67,18 milhões de litros de água, 41.134 árvores deixaram de ser cortadas, e foi evitada a emissão de 1,7 tCO_2. Além do Estado do Parará, o da Bahia também exige a utilização de papel reciclado nos órgãos públicos (PR INSTITUI, 2010).

Ainda com relação à redução no uso de papel, outras alternativas existem além. Um estudo realizado no CENPES (Rio de Janeiro), publicado no congresso '*Rio Oil e Gas*' (MONTE e MACHADO, 2010), buscou a implantação de medidas para a modificação de hábitos, visando à transformação de velhas práticas em rotinas sustentáveis, e demonstra alguns bons resultados. Uma das medidas foi a abolição do uso de papel de forração de bandejas no refeitório – de junho de 2006 a dezembro de 2009, 1 milhão e 666 mil folhas de papel deixaram de ser consumidas. Outra providência foi a disponibilização de porta-guardanapos nas mesas do restaurante, o que reduziu o consumo médio mensal do CENPES de 52 para 31 guardanapos *per capita* (queda de 40%). Com isso, em um ano (ago/2008 a ago/2009) houve a redução de 900 Kg de papel antes descartados no lixo. O CENPES também adotou as mesmas medidas implantadas pela unidade sede de Natal, o que redundou em um abatimento de 62 % no consumo total de papéis. Evitou-se o uso de 6 milhões de folhas, passando-se de 3.500 folhas *per capita* em 2004 para próximo de 1.400 folhas *per capita* em 2009 (sendo 900 folhas de papel branco e 500 de papel reciclado, o qual não era utilizado em 2004).

Em suma, com a legitimação dessas ações, de 2005 a 2009, o CENPES, no Rio de Janeiro, conseguiu resultados expressivos, evitando a utilização de 67 milhões de litros de água (os quais seriam gastos na fabricação do papel e equivalem ao consumo anual de 992 brasileiros), e o descarte de 4,5 t de papel no lixo e emitir 9.389 tCO_2eq. O estudo envolveu também outros itens, como os copos plásticos descartáveis consumidos. Houve a abolição da disponibilização de garrafas de água mineral no refeitório, resultando em uma redução de 62% no consumo *per capita* (de 2005 a 2009), o que evitou a emissão de 14,8 tCO_2. Por outro lado, o consumo de copos plásticos descartáveis (total de 1,7 milhões de copos no período) aumentou, provavelmente em função da redução no consumo de garrafas de água mineral. O aumento foi de 15% no consumo *per capita*. Com isso, passou a haver a adoção, voluntária, por alguns empregados, de canecas/garrafas próprias, o que contribuiu para minorar o uso de copos plásticos. Isto, porém, causou o aumento em 56% do consumo *per capita* de papel toalha (62,6 milhões de folhas),e devido a introdução de novos usos (i.e. secagem de canecas). Se o consumo *per capita* de papel A4, copos plásticos e garrafas de água mineral de 2005 a 2009 tivessem se mantido no mesmo patamar de 2004, os gastos com esses itens teriam sido 673 mil reais do que foram.

Estudos como esse demonstram a complexidade em se promover uma gestão sustentável de materiais e costumes. O grau de sobrepujamento entre as atividades produtivas e intrincada rede de necessidades do *modus operandi* empresarial moderno exige um talento aprimorado para que a promoção de ganhos em determinado foco não causem prejuízos em outro. Avaliando-se criteriosamente os contextos físicos, culturais e

ambientais, algumas empresas conseguem implantar modificação em seus processos, obtendo ao fim um saldo positivo na balança. Tais empresas optam, por vezes, por medidas diferenciadas e mesmo ousadas, obtendo, em alguns casos, bons resultados.

A Natura, por exemplo, dentro de seu programa Carbono Neutro, estreou em julho de 2010 um novo projeto editorial e gráfico de seu catálogo. A reformulação culminou com a redução de quase 60 páginas em relação à versão anterior. Outra novidade é a substituição do papel reciclado por *couché* certificado pelo FSC. A decisão pela troca foi subsidiada tecnicamente, através de testes realizados pela companhia, com base na metodologia de ACV. O papel *couché*, por ter uma menor gramatura (150g ante 250g do papel anterior), consome menos recursos. Além do ganho ambiental, a utilização do papel *couché* branco garante melhor qualidade gráfica ao catálogo, por retratar de forma mais fiel as cores na apresentação dos produtos cosméticos. Segundo a empresa, as análises técnicas conduzidas revelaram que o conjunto de medidas do novo projeto editorial e gráfico levará à redução de 32% por ano do impacto ambiental provocado no processo de produção do catálogo. Colocadas dentro de toda a cadeia de negócios da empresa, as mudanças vão possibilitar uma redução anual de 2% das emissões de Co_2eq da companhia, representando 4.500 tCO_2eq. Nesse caso, a solução não foi adotar o papel reciclado. Conforme a própria empresa afirma, esse projeto trouxe um ganho duplo: um catálogo mais bonito e eficiente e que gera menor impacto ambiental (DESVANTAGEM DO PAPEL, 2010).

Tal exemplo demonstra que as ações a serem adotadas devem ser estudadas tecnicamente, de acordo com cada realidade e segmento industrial, e não só escolhidas pelo senso comum. Convém salientar que neste estudo, estamos tratando mais estritamente da questão das emissões de GEE, mas é imprescindível a atenção a outros fatores. Exemplificando, existe uma noção geral de que sacos de papel seriam mais ambientalmente corretos que sacos plásticos. Entretanto, a produção de sacos plásticos consome cerca de 20–40% menos energia e água do que a produção de sacos de papel e gera menos poluição e resíduos sólidos, conforme avaliações de ciclo de vida por parte de grupos industriais e não-industriais. Representantes da indústria de plástico também observam que sacos de papel ocupam menos espaço num aterro e que nenhum dos dois produtos decompõe-se sob as condições predominantes nos aterros. Nesse caso específico, talvez a melhor solução seria o uso de sacos plásticos, embora que, sob condições adequadas, o saco de papel decompor-se-ia rapidamente, enquanto o mesmo não ocorre com o saco plástico (ASSADOURIAN e SARIN, 2004, p.24). Assim, vê-se que muitas questões envolvem a escolha do material e sua forma de uso.

Logo, as emissões de uma atividade são relativizadas a uma série de emissões anteriores (emissões indiretas) oriundas das cadeias produtivas de abastecimento daquela atividade em toda as sua etapas (Figura 26). Assim, a mitigação real dos impactos causados pelas emissões de alguma entidade deve envolver a neutralização das emissões totais referentes à existência daquela atividade - emissões diretas e indiretas. As emissões diretas são aquelas derivadas de um processo isolado, sem considerar as emissões dos processos *upstream* e *downstream*. Os processos *upstream*, ou ‘rio acima’, referem-se às etapas iniciais e anteriores a determinado processo/produto

na cadeia produtiva, ou seja, a extração da matéria-prima, transporte e beneficiamento desta, por exemplo. Os processos *downstream*, 'ou rio abaixo', remetem-se às etapas posteriores na cadeia de produção, exemplificadamente o transporte de um produto para seu consumo final e descarte/reciclagem do mesmo. Assim, para o exemplo de um carro movido à eletricidade as emissões diretas são nulas, visto que seu funcionamento não gera nenhuma emissão.

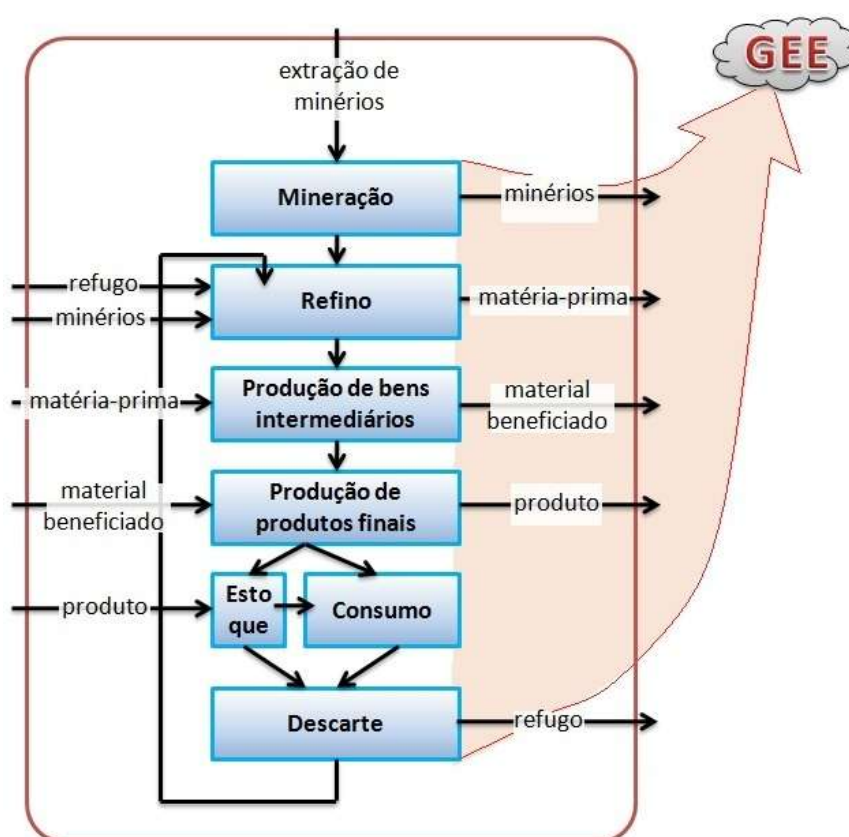



Figura 26 - Emissões de GEE ao longo de uma cadeia produtiva.

Todavia, haja vista que o efeito estufa sobrevém de forma global, e que as emissões de GEE contribuem para as mudanças climáticas independentemente de sua origem, deve-se levar em consideração todo o ciclo de vida produtivo, desde a energia investida na extração da matéria-prima e insumos necessários até energia investida na distribuição do produto final (Figura 27). Para se fazer isso, deve-se esquadrinhar todos os passos relevantes ao longo do ciclo de vida de um produto/processo produtivo, rastreando todas as atividades que emitam direta ou indiretamente GEE (FRITSCHE, 2006, p.2). A figura mostra a estrutura principal dos ciclos de vida de combustíveis energéticos (i.e. ciclos de vida sem incluir construções/instalações) do lado esquerdo, e ciclos de materiais do lado direito.

Assim, a Pegada de Carbono é calcada na Análise do Ciclo de Vida (ACV) de produtos e processos produtivos, permitindo o estudo da reparação dos danos ambientais (no caso, emissões de GEE). A ACV é um modo de investigar, estimar e avaliar as cargas ambientais causadas por materiais, produtos, processos, ou serviços ao longo de seu tempo de vida. As cargas ambientais incluem os materiais e recursos energéticos requeridos para criar algum produto, assim como os resíduos e emissões geradas durante os processos.

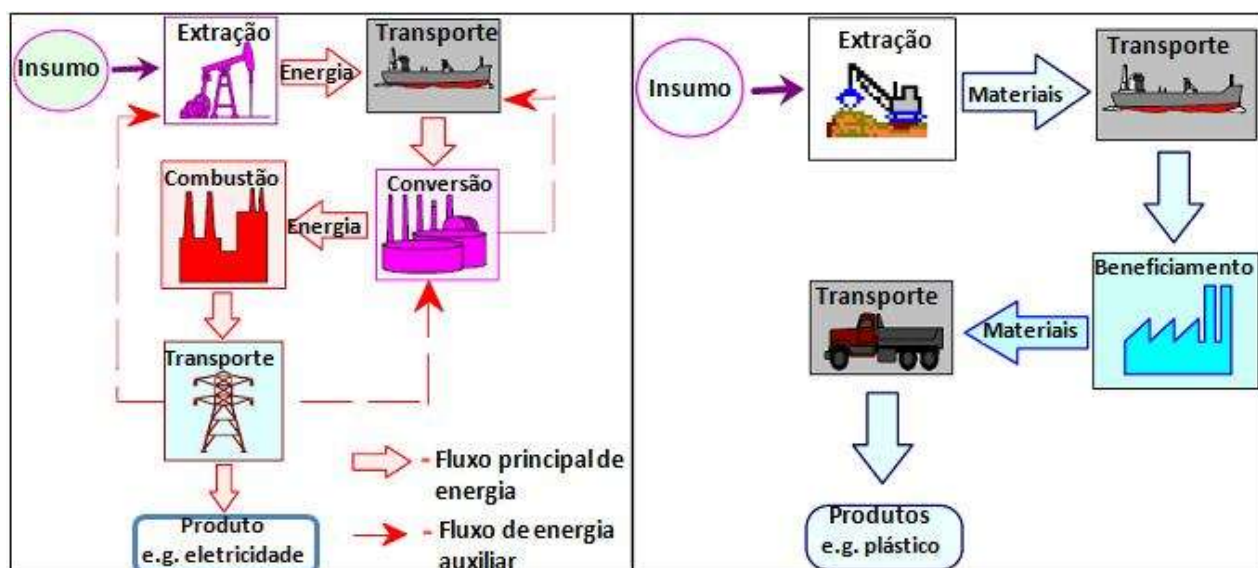



Figura 27 – Processos e elos em ciclos energéticos (esquerda) e de materiais (direita). Adaptado de Fritsche (2006, p.2).

Ao se examinar ciclo de vida por inteiro, se consegue uma visão mais completa dos impactos ambientais criados e a proporcionalidade de impactos em cada estágio do ciclo produtivo. Por exemplo, o ciclo de vida de um automóvel consome muito mais energia durante sua fase de uso (através da gasolina usada para operar o veículo) do que durante os estágios iniciais de criação de materiais e partes do automóvel. Do mesmo modo, a ACV auxilia a identificar quais impactos são os mais significantes ao longo dos estágios. Por exemplo, as emissões de poluentes na água podem não ser o pior impacto em nenhum estágio individual do ciclo de vida do produto, mas quando somados ao longo dos estágios podem de fato causar o maior impacto. Os resultados de ACVs podem ser úteis na identificação de áreas com altos impactos ambientais, e para avaliação e melhoramento da delineação de produtos (HENDRICKSON, LAVE e MATTHEWS, 2006). Hendrickson, Lave e Matthews (2006) colocam que as informações de um ACV podem ser usadas para:

- Diferenciar os impatos de dois produtos comparáveis: copos sendo de plástico, papel ou vidro. Cada tipo requer diferentes entradas (*inputs*) de matérias-primas

(petróleo, árvores, areia), e diferentes montantes de energia requerida. Do mesmo modo, cada processo produtivo produz diferentes resíduos e emissões. Os copos plásticos e de papel poderiam ser dispensados depois de um ou talvez dois usos, adicionando cargas ambientais de resíduos. O copo de vidro poderia ser reusado, mas requereria água e detergentes para ser limpo;

- avaliar opções de *design* para o mesmo produto: automóveis usam uma larga variedade de materiais em várias partes. O aço tem sido tradicionalmente usado, mas plásticos e materiais compostos tem sido usados para reposição. O aço é mais pesado que plásticos e compostos, adicionando peso ao carro, o que aumenta o consumo de combustível. Contudo, partes de aço são mais facilmente recicláveis ao fim da vida útil dos veículos;
- identificar onde no ciclo de vida produtivo alguns impactos podem ser apontados como alvo de redução: por exemplo, uma companhia de entrega de encomendas pode estar preocupada com suas emissões de GEE. Uma opção seria fazer mudanças nos seus veículos de entrega ou na logística para reduzir o consumo de combustível e as emissões correlacionadas. Entretanto, ao examinar o ciclo de vida dos serviços, poder-se-ia identificar que o uso de eletricidade nas instalações da companhia é grande contribuidor para aquelas emissões, e assim, reduções poderiam ser evitadas/mitigadas por medidas de conservação de energia nos escritórios ou compra de energia eólica.

Especificamente quanto às emissões de GEE, por estas acontecerem ao longo de toda a cadeia produtiva, aquelas relativas aos processos *upstream* e *downstream* são muitas vezes superiores a emissões diretas de uma atividade realizada pela empresa, justificando-se usar a Pegada de Carbono na busca por neutralizar as reais emissões envolvidas, só originadas para atender ao objetivo final. O *Carbon Disclosure Project* (CDP), instituição internacional destinada a estudar a Pegada de Carbono emresarial, em seu relatório *'Global 500 Report'* (CDP, 2009a), realizou um estudo com as 3.700 empresas mundiais mais relevantes no cenário mundial, demonstrando que as emissões de GEE empresariais indiretas são expressivamente maiores que as diretas. Além disso, a análise histórico-quantitativa das empresas contempladas demonstra a correlação direta e progressivamente proporcional entre o número de organizações consideradas e o aumento do montante de GEE emitidos (Figura 28).

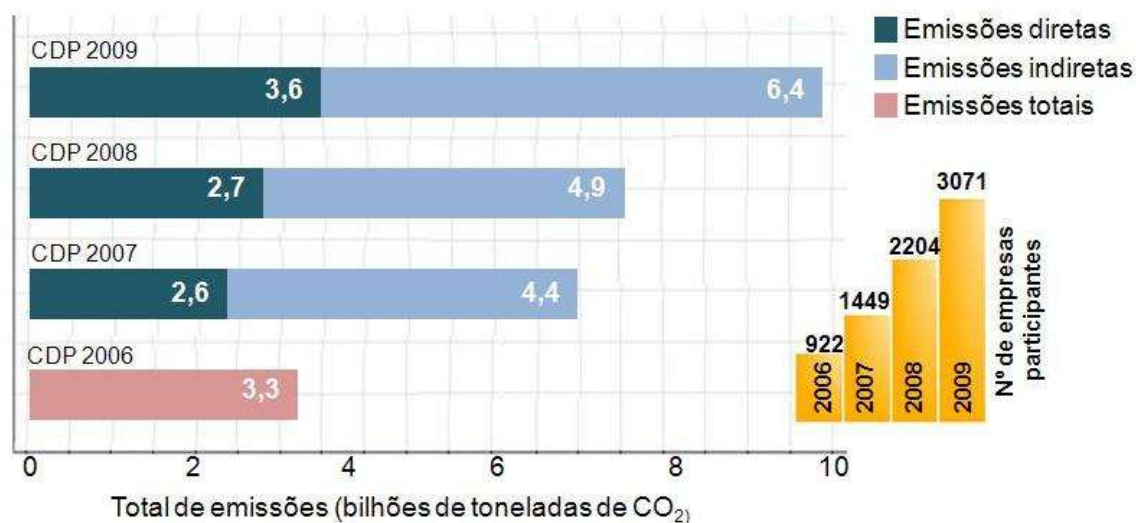



Figura 28 - Emissões empresariais de GEE diretas e indiretas. Adaptado de: CDP (2009a, p.21).

Tomando-se por exemplo o setor relacionado aos metais primários, a contribuição à ecotoxicidade terrestre e às mudanças climáticas dos metais é relacionada principalmente aos estágios de mineração, extração e refinamento. Estes são intensivos em uso energético e podem ser a causa de substancial poluição do ar, água e solo, notando-se que os impactos de toxicidade em sua maior parte não são relacionados ao metal em si (e.g. através de corrosão durante a fase de uso), mas ocorrem mormente pelas emissões dos estágios de mineração, derretimento e refino de contaminantes dos minérios, combustíveis fósseis ou materiais auxiliares nesses processos (Figura 29) (UNEP, 2010, p.67). Esses impactos de emissões tendem a crescer exponencialmente, quando avaliados as próximas etapas de cadeias produtivas onde tais metais serão utilizados. A fabricação de 1 computador requer 1,7 toneladas de material bruto e água, e consome mais de 10 vezes seu próprio peso em combustíveis fósseis (GAP, 2007, p.2).

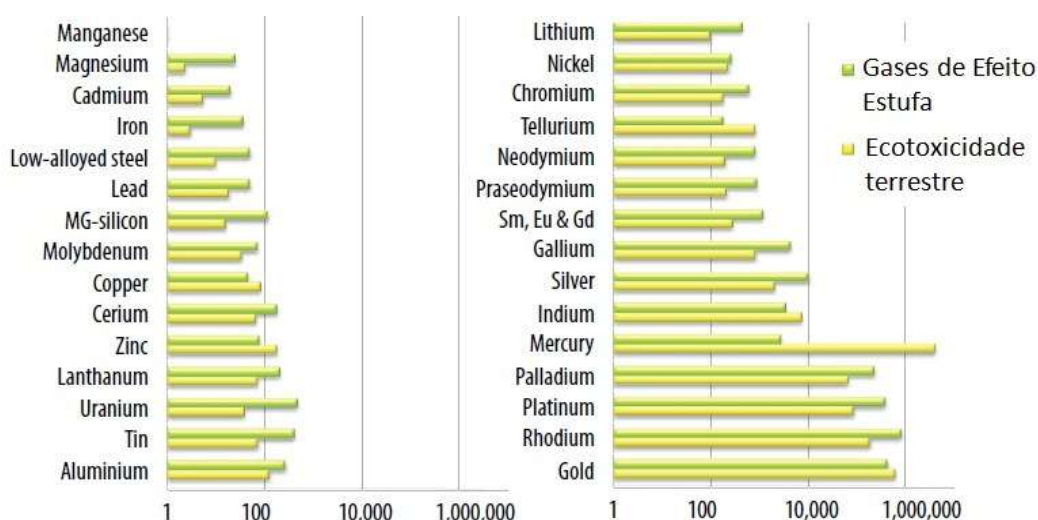



Figura 29 - Ecotoxicidade terrestre e emissões de GEE para 1kg de metal primário.
Fonte: UNEP (2010, p.67)

Em média, as emissões diretas de uma indústria (denominadas emissões nível 1 – *Tier 1*) são apenas 14% das emissões totais da cadeia de suprimentos, e as emissões diretas mais as entradas de energia (nível 2) são, em média, apenas 26% do total das emissões da cadeia produtiva (MATTHEWS, 2008, p.1). Efetivamente, tais percentuais ainda encontram-se bem abaixo da abrangência necessária para fins de uma tangível mitigação das emissões em termos globais. Ainda, as porcentagens de emissões diretas e indiretas são bem variáveis segundo a atividade em questão, podendo ser menos ou mais impactantes. Como exemplo, editoras de livros possuem sua Pegada nível 1 e 2 representando apenas 6% do total das emissões se avaliado todo o ciclo de vida dos produtos (MATTHEWS, 2008, p.1). Em um estudo realizado com a atividade de reflorestamento utilizando-se *Pinus taeda*, concluiu-se que as atividades silviculturais apresentaram apenas 4,14% do total das emissões de CO_2 na área florestal e que as demais são emissões indiretas – com o transporte de toras, respondendo por 62,62 % das emissões. Porém, nessa atividade há o benefício do CO_2 posteriormente capturado pelas árvores, correspondente a 53,83% do total de carbono usado na empresa (após 19 anos) (GEROMINI, 2004, p.109-110).

Por outro lado, setores como a geração de energia e abastecimento (conhecidos como fontes de emissões de GEE – 37% das emissões totais nos EUA), possuem 92% do total de suas emissões no nível 1 (diretas), provenientes da queima de combustíveis fósseis. Este é ótimo setor da indústria em que a Pegada de Carbono total (nível 3) pode ser razoavelmente estimada avaliando-se o nível 1. Não obstante, a entrega de combustíveis para as plantas de geração de energia ainda representa uma fonte significativa de emissões (i.e. transporte ferroviário de carvão e dutos de gás natural), podendo os valores absolutos ser bastante representativos (MATTHEWS, 2008, p.1).

Outros dados, relativos a processos produtivos não-materiais ou ligados a fase consumo de produtos, demonstram a expressividade de impacto das emissões indiretas. Um estudo a respeito da Pegada de Carbono das escolas do Reino Unido para o ano de 2001 estima que a mesma correspondeu a 9.2 milhões de toneladas de CO_2eq (1.3% do total de emissões do Reino Unido). Desse valor, apenas 26% são referentes às emissões diretas. Em outro estudo, quanto à Pegada de Carbono dos domicílios do Reino Unido, os resultados apontam que 70% desta são originados das emissões indiretas (WIEDMANN, 2008, p.6). Hertwich e Peters (2009, p.3) realizaram uma estimativa da Pegada de Carbono doméstica (tCO_2eq/habitante) atual de 73 nações, permitindo uma visualização de quais setores possuem maior representatividade em termos de emissões (indiretas, no caso). Comparando as emissões de GEE de diferentes países, pode-se identificar uma clara relação entre a Pegada de Carbono *per capita* e o consumo *per capita* (UNEP, 2010, p.56). Os países com maiores Pegadas de Carbono são justamente aqueles de economia mais desenvolvida, os motores da maioria dos processos produtivos e onde está a maioria dos consumidores mundiais. No ranking, o Brasil está em 24º lugar (Tabela 6).

Tabela 6 - Ranking da Pegada de Carbono doméstica de nações (tCO_2eq/hab). Adaptado de Hertwich e Peters (2009, p.3).

	País	Pegada de carbono [tCO_2eq/hab]	Construção – Abrigo e infra-estrutura	Alimentação	Vestimenta	Produtos manufaturados	Transportes	Serviços e comércio
1°	Luxemburgo	33,8	24%	11%	2%	17%	51%	14%
2°	Hong Kong	29,0	21%	7%	28%	20%	11%	16%
3°	EUA	28,6	32%	8%	3%	12%	21%	24%
4°	Austrália	20,6	30%	16%	2%	8%	16%	27%
5°	Canadá	19,6	26%	8%	2%	9%	30%	24%
6°	Suíça	18,4	25%	11%	3%	15%	26%	19%
7°	Finlândia	18,0	32%	12%	2%	13%	18%	25%
8°	Holanda	16,7	26%	12%	3%	14%	21%	30%
9°	Bélgica	16,5	25%	14%	5%	19%	25%	17%
24°	Brasil	4,1	11%	43%	2%	7%	19%	19%

Dessa forma, ao longo do fluxo energético, emissões e outros impactos ambientais podem ocorrer em todas as etapas (processos) do ciclo, dependendo da tecnologia a características dos combustíveis motores (ou forças motoras). De mais a mais, para além ao fluxo energético direto, há que se considerar que este carece de materiais para edificar as instalações/infraestrutura necessárias (e.g. linhas de transmissão, casas de força, oleodutos, etc). Para essa entrada de materiais, ciclos produtivos *upstream* similares devem ser considerados (FRITSCHE, 2006, p.3). A combinação de ambos os ciclos, de energia e materiais concede o chamado ciclo de vida, em que três níveis de impacto podem ocorrer:

- Impactos diretos dos processos operacionais;
- impactos indiretos de entradas auxiliares nestes processos (inclusive transportes);
- impactos indiretos de materiais beneficiados/manufaturados utilizados durante a construção da infra-estrutura de todos os processos.

A Pegada de Carbono propõe-se justamente a quantificar os impactos às alterações climáticas (emissões de GEE) nesses três níveis, referindo-se à amplitude em que as operações da companhia e a sua cadeia produtiva são baseadas no 'carbono utilizado'. O carbono utilizado por uma companhia compreende: a) a dimensão *input*, relacionada aos processos produtivos que utilizam materiais e energia baseados no uso de carbono; e b) a dimensão *output*, que diz respeito às emissões de GEE dos processos produtivos intrínsecos da companhia. (HOFFMANN, 2008, p.2). Assim, o 'carbono usado' de uma companhia depende do segmento da indústria em que a mesma opera, sua posição na cadeia produtiva e fatores específicos da empresa, como o *portfólio* do produto ou equipamentos tecnológicos. Portanto, a contribuição para a Pegada de Carbono é diferenciada para cada etapa de um ciclo de vida de um produto/processo e

para cada tipo de produto/processo. Portanto, cada etapa da cadeia produtiva possui sua responsabilidade parcial na formação da Pegada de Carbono de um produto/atividade (Figura 30).

A Pegada de Carbono ainda pode ser avaliada pelo valor econômico dos produtos em questão. Nos EUA, para mercadorias de indústrias primárias como ferro e aço, as emissões de GEE em termos de seu valor monetário em dólares equivalem a 3 a 4 tCO_2eq por U$1.000. Para eletrônicos como laptops e celulares, são figuradas como menos da metade uma tonelada (Figura 31). A partir daí, podem também ser detalhadas as participações de cada etapa do ciclo produtivo, pesando-se, por exemplo, a parcela de emissões oriundas dos transportes dos materiais.

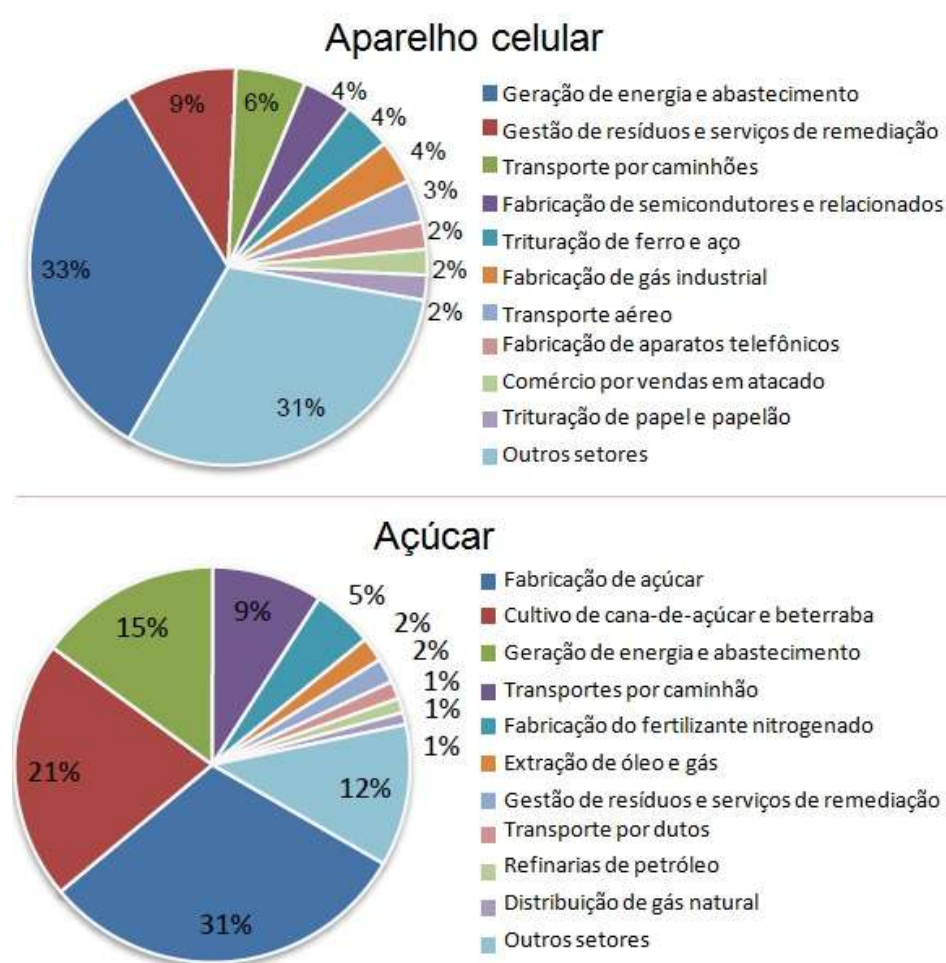



Figura 30 – Emissões percentuais de GEE por setores das cadeias produtivas de aparelhos celulares e açúcar no Reino Unido. Fonte: WEF (2009, p.9).

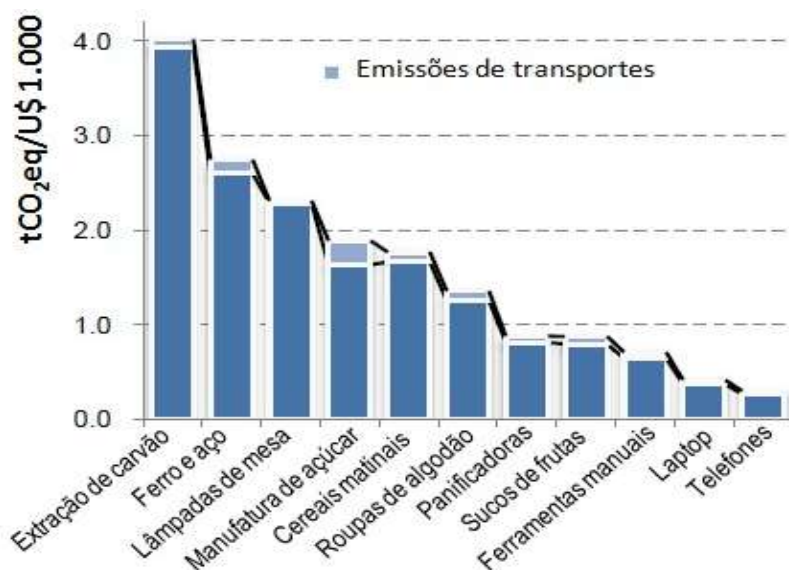



Figura 31 - Emissões do Ciclo de Vida de produtos com destaque para as emissões advindas do setor de transportes. Fonte: WEF (2008, p.11).

Entretanto, por que dos possíveis subentendimentos gerados, a quantificação dessas emissões – justamente a Pegada de Carbono – gera uma ampla discussão conceitual e de méritos. Internacionalmente, principalmente no Reino Unido, o termo 'Pegada de Carbono' vem adquirindo considerável popularidade ao longo dos derradeiros anos e tornado-se bastante difundido na mídia. Com a mudança climática em alta nas agendas políticas e corporativas, há forte demanda pelo cálculo da Pegada de Carbono, e numerosas metodologias tem sido propostas para prover estimativas, desde cálculos básicos pela *internet* a sofisticadas análises de ciclo de vida. Apesar desta ubiquidade, há uma carência de definições acadêmicas do que exatamente seja a Pegada de Carbono, e não há consenso em como medi-la/quantificá-la (o item 3.4 deste trabalho trata das diferentes metodologias de quantificação da Pegada de Carbono).

A literatura científica é surpreendentemente vaga de clarificações conceituais, apesar dos incontáveis estudos publicados por décadas em energia, economia e ecologia que poderiam ter clamado pela medição da Pegada de Carbono (WIEDMANN, 2008, p.1). Em completa busca em toda literatura científica, de 1960 a junho de 2007, Wiedmann (2008, p.3) encontrou o termo '*Carbon Footprint*' em 42 estudos – 3 em 2005, 8 em 2006 e 31 em 2007. Na maior parte dos casos, o termo foi usado como um sinônimo genérico para emissões de GEE expressos em CO_2eq, percebendo-se que a grande maioria das ações de RSE quanto a essa temática referem-se apenas às emissões diretas dos principais processos produtivos empresariais.

Dentre o espectro de definições existentes, uma questão central é se a Pegada de Carbono precisa incluir as emissões indiretas incorporadas nos processos *upstream* de produção ou se seria suficiente considerar apenas as emissões diretas de produtos, processos e indivíduos em consideração. Em outras palavras, deve a Pegada de Carbono refletir os impactos de todo o ciclo de vida dos bens e serviços usados? Se sim, onde são os limites e como esses impactos podem ser quantificados? (WIEDMANN, 2008, p.4). As emissões derivadas dos processos administrativos empresarias e construções (infra-estrutura física) devem ser incluídas? No caso de se contabilizar a Pegada de Carbono

para o produto, este já deve ser neutro em emissões ou a Pegada deve ser informada ao consumidor para decisão de compra do público? Até onde vai a responsabilidade da empresa fabricante do produto? O inventário de emissões deve ser feito até onde está sua RSE? Até onde vai sua RSE então? A argumentação acerca desses questionamentos refere-se mais às implicações geradas pela quantificação da Pegada de Carbono, ou uso que será dado à mesma, o que está tratado no capítulo 5 desta dissertação.

Um ponto a ser verificado é que a quantificação da Pegada de Carbono pode abarcar, e assim fazer a empresa e intervenientes atentarem para, diversas externalidades resultantes da cadeia produtiva que muitas vezes passam despercebidas. Como brevemente exposto no item 2.3 desta dissertação, as externalidades não costumavam ser parte dos cálculos econômicos usuais, estando os custos socioambientais (de emissões e resíduos) além do escopo (externos) aos custos privados considerados. Da perspectiva da coletividade social, porém, os custos das externalidades devem ser incluídos nas decisões envolvendo investimentos ou aquisições de materiais, insumos e serviços (FRITSCHE e SCHMIDT, 2008, p.49). A evidenciação de tais externalidades ocorre pelo fato de a Pegada de Carbono reportar-se ao cômputo das emissões em todo o ciclo de vida da cadeia produtiva.

Nesse estudo, o conceito de Pegada de Carbono é definido como ‘a medição do montante de emissões de GEE direta ou indiretamente causadas por uma atividade (processo produtivo próprio) e acumuladas ao longo dos estágios de vida dos insumos, produtos, tecnologias e instalações utilizados’, e a mesma é aferida em toneladas de CO_2eq por unidade de energia ou massa. Fundamentalmente, a conceituação baseia-se em princípios já expostos de que o setor produtivo/empresarial é grande responsável pela existência das emissões antropogênicas e, por isso, deve fomentar as ações de neutralização dessas emissões e, logo, correção das mudanças climáticas. Esperar que cada atividade promova a quantificação e neutralização de suas emissões diretas é inviável, pois o entendimento acerca de RSE é pouco difundido em atividades de base e informais, devendo as companhias que advogam serem responsáveis arcar como incentivo de ações e políticas relativas. Não que as empresas devam ser responsabilizadas pelas emissões totais de uma cadeia produtiva, mas que se disponham a quantificar a Pegada de Carbono dessa cadeia e fomentar as atitudes necessárias (e.g. imposição de critérios na escolha de fornecedores, neutralização de emissões abraçadas como de sua responsabilidade). Ademais, o conceito exposto pode ser justificado academicamente, através de estudos conceituais e aplicados.

Em vista do arrazoado, percebe-se que a Pegada de Carbono possui um potencial especial para um entendimento mais real das responsabilidades pelos impactos gerados pelas emissões de GEE. Em termos produtivos e competitivos, a preocupação empresarial com sua Pegada de Carbono e formas de mitigá-la pode constituir-se como um diferencial competitivo e um passo à frente das demais, em respeito a seu comportamento socioambiental e a sua própria imagem. A partir daí, pode-se estudar então a validação da Pegada de Carbono, ao invés de apenas as emissões diretas, como um indicador de sustentabilidade a ser usado para avaliação de cenários e tomada de decisões referentes à superação do desafio das alterações climáticas.

2.6 A Pegada de Carbono como Indicador de Sustentabilidade

Indicadores são compostos com o objetivo de atender à visão da consciência vigente. A civilização ocidental de base industrial, no processo de se tornar dominante em todo o mundo construiu, até recentemente, apenas indicadores econômicos (diretos ou indiretos), exibindo indicadores ascendentes, como crescimento exponencial da população, duração média de vida, consumo de energia, demanda de alimentos, invenções e descobertas e desenvolvimento de serviços de comunicação (CAMARGO, UGAYA e AGUDELO, 2004, p.1). Com ascensão da visão da realidade, buscando-se a concepção de uma consciência mais sustentável, se iniciou o fomento dos indicadores de sustentabilidade. Coetaneamente, o contexto vivido sugere a atenção ao desafio das mudanças climáticas. Dentre os métodos de sustentabilidade corporativa (Quadro 3), partindo-se da conceituação da eco-eficiência, o indicador Pegada de Carbono mostra-se como um instrumento bastante viável para a visualização contextual e tomada de decisões quanto às emissões empresarias de GEE.

Quanto à caracterização da amplitude de causas e consequências que este instrumento abrange, é bem sabido que a energia custa à sociedade bilhões de dólares a mais do que seus usuários pagam diretamente por ela. Os custos ocultos da energia incluem subsídios, degradação ambiental, despesas crescentes com saúde e compensação por perda de empregos. É difícil estimar com precisão os danos causados pelas várias fontes de energia à saúde humana, agricultura, monumentos históricos e, sobretudo, ao meio ambiente (GOLDEMBERG e LUCON, 2008, p.301). Em relação às danos relativos aos GEE emitidos ao longo de toda geração e usos energéticos, a Pegada de Carbono destina-se justamente a promover o diagnóstico destes impactos, o conhecimento base para tomada de decisões. Entretanto, a utilização da Pegada de Carbono como indicador envolve mais outros fatores.

Ao se buscar identificar as políticas necessárias para evitar alguma degradação ambiental, deve ser avaliada, social e economicamente, qual a melhor opção entre o custo da ‘reparação’ dos danos causados ou custo de se evitar o problema. Em tese, uma comparação entre ambos pode ajudar a decidir qual tipo de ação é mais conveniente ou mais efetiva em termos de custo. Na prática, os custos de mitigação em geral são menores, mas o poluidor assume o risco de causar o impacto sabendo que não será cobrado na íntegra pelo que deu causa. Tal enfoque, o qual pode ser aplicado a qualquer problema ambiental, gera resultados particularmente interessantes no problema das mudanças climáticas globais. O fato de as mudanças climáticas apontarem para graves e prementes impactos vem transformando rapidamente o enfoque dado à questão.

Estudos do início da década de 1970 investigavam predominantemente emissões de substâncias poluidoras do ar de diferentes modais energéticos para a geração de energia elétrica de suprimento. Nos anos 80 houve um foco de atenção sobre os poluentes SO_2 e NO_X. Também foram investigados os sistemas de aquecimento e os

impactos ambientais da energia nuclear. Desde o final da década de 1980, a atenção foi voltada par a emissão de GEE, incluindo o setor de transportes. O início dos anos 90 foi caracterizado por um paulatino aumento na extensão dessa discussão. Em razão das emissões de GEE (locais) causarem problemas globais, ampliando a responsabilidade dos emissores, de lá até então, não apenas os impactos ambientais diretos dos sistemas energéticos vêm sendo considerados, mas também os referentes aos processos *upstream* e *dowstream*. Acredita-se que, daqui pra frente, os materiais para construção das estruturas físicas dos processos produtivos serão considerados também em termos da Análise do Ciclo de Vida (ACV). Este modo integrado de 'olhar' os sistemas energéticos – e fluxo de materiais – alça a altos padrões os bancos de dados e modelagem computacional, e cancela a distinção entre avaliações ambientais 'referentes à energia' e atinentes a outros setores (e.g. bens de consumo, transportes e outros) (FRITSCHE, 2008, p.9).

Em se dando atenção às drásticas e alarmantes previsões do IPCC, o mais lógico seria que os atores centrais (grandes empresas e governos) dos principais processos produtivos emissores assumissem a responsabilidade de reverter tais alterações climáticas, não por beneficência, mas por serem os únicos capazes de refrear e neutralizar emissões, por seu domínio de tecnologias, recursos e influência socioeconômica junto aos ciclos produtivos e sociedade. Assim, a integração da ACV nos inventários de emissões é bem aceitável e justificável até, pois todas as emissões de processos *upstream* possuem um fim, sendo este a razão de existirem tais processos. Além do mais, o motivo maior é que a utilização apenas de indicadores de emissões diretas não promovem a correção dos impactos causados pelas emissões de GEE. Isto pode ser demonstrado por um exemplo contido em um estudo científico patrocinado pelos Ministério Federal Alemão para o Meio Ambiente, Proteção da Natureza e Segurança Nuclear - BMU, Ministério Federal Alemão de Pesquisa e Educação - BMBF e a Agência Federal de Meio Ambiente da Alemanha – UBA (FRITSCHE, 2006).

O estudo aponta que, em relação às alterações climáticas, a aparente vantagem das plantas de geração de energia nuclear é baseada no fato de que estas não emitem GEE diretamente. Contudo, a produção de energia nuclear inclui a extração de minérios, enriquecimento de urânio, fabricação de combustível, etc. – isto é o chamado ciclo de combustível *upstream*. A energia nuclear não é o único recurso que necessita de atividades *upstream* antes de ocorrer propriamente a geração de energia: também os combustíveis fósseis e biomassa precisam de extração, processamento, conversão e transporte. Existem também as atividades *downstream,* necessárias para processar e estocar resíduos (nucleares). Além disso, o aço, concreto, e outros materiais são necessários para a construção de ambas as plantas de geração de energia nuclear, como também das estruturas que compõem as atividades *up*- e *downstream*. A inclusão destes compreende o ciclo de vida completo do sistema nuclear. Ainda, avalia-se que a energia usada para esses propósitos é em parte produzida por energia fóssil (emissora de GEE), e algumas emissões adicionais de GEE resultam diretamente de reações químicas durante o processamento de materiais (e.g. produção de cimento). Desse modo, plantas

de geração de energia nuclear – assim como outras fontes de geração de energia – indiretamente contribuem significativamente na emissão de GEE (FRITSCHE, 2006, p.2).

A Pegada de Carbono é efetivamente o instrumento para avaliar o impacto de uma atividade como contribuinte às alterações climáticas. Por meio da medição desta, são avaliadas inclusive as emissões evitadas, contabilizando-se o crédito por atividades de fixação de carbono na biomassa, sequestro de carbono, uso de energias renováveis, processos de cogeração de energia e outras. Quanto às emissões 'negativas' (evitadas) advindas da cogeração, estas podem referir-se a diversos casos. Há opções, por exemplo, em que a geração de energia é combinada ao processo de aquecimento, ao se lidar com o adicional 'não-elétrico' mas ainda assim útil calor gerado como *output* pelo sistema de cogeração. Para isso, determina-se o total de emissões do sistema de cogeração (i.e. as emissões de ambas as gerações – eletricidade e aquecimento). Então, as emissões do sistema de aquecimento que fornecem o mesmo tanto de calor são subtraídas ('creditadas'). Como exemplo, a produção de 1 kWh de eletricidade em um motor de combustão interna movido a gás cogerados substitui cerca de 2 kWh de aquecimento, que não precisam ser produzidos separadamente (FRITSCHE, 2006, p.5).

Não defendemos que a atividade/empresa deva necessariamente se responsabilizar pelas emissões motivadas por sua existência, mas o conhecimento destas é imprescindível para a formação de uma imagem mais real de seus impactos nesse âmbito. O indicador Pegada de Carbono é aconselhado como mais um a integrar os demais indicadores. As empresas podem, e num primeiro momento até devem, continuar a mensurar também suas emissões diretas apenas, visando divulgação de valores ou atendimento a normatizações e compromissos de RSE. Mas, aquelas que buscam realmente cumprir seu papel, fazendo sua parte perante a sociedade (humanidade) e visando a uma vitória no desafio de reverter as mudanças climáticas, devem atentar para o uso da Pegada de Carbono.

Brandão (2008) promoveu um estudo objetivando a formulação de um novo indicador na responsabilidade socioambiental individual e empresarial, levando em consideração as emissões de GEE e possibilidade da neutralização dessas emissões. Com base no princípio do desenvolvimento sustentável e da ética inter e intrageracional, vislumbrou a inclusão da contabilização da neutralização das emissões de GEE no Indicador de Desenvolvimento Sustentável do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e nos Indicadores do Instituto ETHOS, com o objetivo de contribuir para sinalizar um maior envolvimento e compreensão por parte das empresas e indivíduos, como um todo, na divisão das responsabilidades socioambientais na participação para o bem comum. O autor crê que "tais indicadores representam um instrumento de gestão socioambiental privada, cuja consciência ambiental se desenvolve na medida em que a adesão empresarial e individual é voluntária para se tornar 'carbono neutro'" (BRANDÃO, 2008, p.7).

Adeptos dessa consciência, os gestores empresariais e governamentais podem utilizar o indicador na formulação de políticas climáticas e usá-lo como ferramenta avaliativa de quão efetivas são as políticas existentes (i.e. a cada medição de um novo ciclo, e.g. ano). Para mercados financeiros, o indicador pode prover previsões quanto aos

esforços da companhia na gestão das emissões e os potenciais de otimização destas, demonstrando as implicações presentes e futuras das emissões para as companhias. Consoante os resultados, a informação pode ser usada para otimização do planejamento de investimentos ou determinar os riscos e possíveis ganhos, ou seja, as companhias podem obter previsões quanto ao encarecimento de atividades emissoras ou aos riscos de seus processos produtivos e infra-estruturas. Na base das informações, eles poderão avaliar os investimentos e projetos futuros ou analisar processos correntes. Dessa forma, os atores dos mercados financeiros serão capazes de reajustar suas análises de investimentos, promover consultorias e, consequentemente, ajudar na pavimentação do caminho rumo ao um futuro de menores emissões. Ainda mais, poderão usar as informações correspondentes para *marketing* empresarial e relatórios corporativos (HOFFMANN, 2008, p.13).

Para a realidade brasileira, o indicador Pegada de Carbono é perfeitamente compatível com os princípios nacionais estabelecidos para o desafio das mudanças climáticas. Na definição das ações prioritárias da Agenda 21 no Brasil (MMA, 2002b, p.36), o Ministério do Meio Ambiente – MMA norteia como objetivos para a área de eco-eficiência e RSE:

- Criar condições para que as empresas brasileiras adotem os princípios de eco-eficiência e de responsabilidade social, que aumentam a eficiência pela incorporação de valores éticos e culturais ao processo de decisão;
- adotar os procedimentos adequados para minimizar efeitos adversos na saúde e no meio ambiente com a utilização de: i) desenvolvimento de padrões mais seguros de embalagem e rotulagem; ii) consideração dos conceitos de ciclo de vida dos produtos pelo uso de sistemas de gestão ambiental, técnicas de produção mais limpa e sistema de gerenciamento de resíduos; e iii) desenvolvimento de procedimentos voluntários de auto-avaliação, monitoramento e relatórios de desempenho e medidas corretivas;
- promover a recuperação do passivo ambiental das empresas por meio de termos de ajuste de conduta, nos quais fiquem claramente estabelecidos os compromissos sobre as técnicas de recuperação, os investimentos alocados e os cronogramas de execução;
- difundir amplamente a Convenção Quadro de Mudança do Clima e o Protocolo de Quioto, especialmente o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL, para que, as micro, pequenas e médias empresas possam se beneficiar com recursos de projetos de redução de emissões de gases de efeito estufa e de seqüestro de carbono.

O indicador Pegada de Carbono constitui-se como instrumento efetivo para atender aos tópicos citados, diretamente ou servindo de base para tal. Quanto ao primeiro tópico, é uma condição adotável por empresas comprometidas com os princípios de eco-eficiência e RSE, e que busquem um aumento progressivo da eficiência desses princípios, para isso integrando mais e mais valores éticos e culturais, o que perpassa

pela aceitação da Pegada de Carbono. O indicador também refere-se a rotulagem, gestão de impactos segundo ACV e serve de base à auto-avaliação, monitoramento, relatórios corporativos e aplicação de medidas corretivas, além das preventivas. O indicador também atende o terceiro tópico, pela clarificação das emissões totais derivadas de uma atividade empresarial, permitindo o ajuste de conduta voluntário (e no futuro talvez imprescindível) na recuperação do passivo ambiental relativo às alterações climáticas. O indicador Pegada de Carbono é também base mais segura e real para ações relacionadas ao MDL, CCS e demais medidas de mitigação de emissões. Tanto que seu uso certamente permite a obtenção de mais eficiência na aplicação das tecnologias e práticas de mitigação mais relevantes por setores, fixadas no Plano Nacional sobre Mudança do Clima (MMA, 2008, p.27), especialmente para as condições brasileiras (Quadro 4).

O uso do indicador Pegada de Carbono ainda presta-se a servir a outro planejamento do MMA. Dentre ações prioritárias da Agenda 21 no Brasil (MMA, 2002b, p.98), o MMA defende o uso de alguns mecanismos e instrumentos de mercado na implementação das políticas ambientais, a exemplo do imposto verde. Basicamente, um imposto verde representa a imposição de uma taxa sobre a poluição ou degradação ambiental que causassem danos ambientais pela descarga de resíduos no meio ambiente. Assim, o imposto verde deveria, por critérios de eficiência, refletir os custos da poluição. No caso, a emissão de GEE, especificamente, resulta em poluição não-local, mas sim global. Ainda assim, a Pegada de Carbono poderia servir como uma das bases na formulação matemática de tal imposto, até porque as emissões de GEE são acompanhadas de emissões de poluentes locais.

Quadro 4 - Tecnologias e práticas para mitigação das emissões de GEE para a realidade brasileira. Fonte: MMA (2008, p.27).

Setor	Tecnologias e práticas para mitigação das emissões
Energia	Melhoria da eficiência da oferta e distribuição de energia; manutenção da elevada participação de energia renovável na matriz elétrica nacional; substituição de combustíveis mais carbono-intensivos por aqueles com menor teor de carbono ou por combustíveis de fontes renováveis; e captação e armazenamento de carbono.
Transportes	Utilização de veículos eficientes e modernização de frota; expansão de sistemas ferroviários e aquaviários; incentivos aos transportes coletivos; e aumento sustentável da participação de biocombustíveis na matriz de transportes nacional.
Edificações	Utilização de equipamentos eficientes e de energia solar; adoção de sistemas de planejamento integrado que permitam ganhos de eficiência no uso da energia.
Indústria	Utilização de equipamentos eficientes; adoção de práticas de reciclagem e de substituição de materiais; controle das emissões de gases; e captação e armazenamento de carbono.

Agricultura	Manejo adequado para aumentar o armazenamento de carbono no solo; recuperação de áreas degradadas; melhorias em cultivos e na fertilização para reduzir emissões de CH_4 e N_2O; e estabelecimento de culturas energéticas.
Silvicultura / Florestal	Redução do desmatamento; manejo florestal sustentável; florestamento e reflorestamento; e uso de produtos e subprodutos florestais, em bases sustentáveis, na geração de energia.
Resíduos	Recuperação do CH_4 de aterros; incineração com recuperação energética; e reciclagem.
Acadêmico	Procurar identificar os impactos ambientais decorrentes da mudança do clima e fomentar o desenvolvimento de pesquisas científicas para que se possa traçar uma estratégia que minimize os custos socioeconômicos de adaptação do País.
Social	Fortalecer ações intersetoriais voltadas para redução das vulnerabilidades das populações.

Além do mais, a Pegada de Carbono propicia o uso de outros mecanismos, como a rotulagem ambiental de produtos/processos. Como exemplo do planejamento governamental de um mecanismo advindo da mensuração da Pegada de Carbono, existiu na Assembléia Legislativa do estado do RN um projeto de lei visando a instituir o ‘Selo de Neutralidade em Emissão de Carbono’ para as empresas localizadas no âmbito do estado (Anexo II). O artigo 2º do projeto de lei dita que “o objetivo desta lei é incentivar a responsabilidade ambiental das organizações que atuam no âmbito do Estado do Rio Grande do Norte, a neutralizar a emissão de carbono através do plantio de árvores”. O artigo 6º cita os benefícios conseqüentes, estabelecendo que “os empresários selecionados e aprovados no Selo de Neutralidade em Emissão de Carbono terão prioridade no financiamento para investimento e custeio na sua propriedade”.

Da mesma maneira que o indicador Pegada de Carbono é prestimoso às necessárias ações governamentais referentes às mudanças climáticas, ele o é também para o setor empresarial. Matthews (2008, p.1) adverte que “sem o inteiro conhecimento de suas Pegadas de Carbono, as companhias não estarão hábeis a seguir as melhores estratégias em eficiência e custos para mitigação das emissões”. O autor sugere que as firmas usem a análise em nível de ‘peneiramento fino’, de forma a assegurar que elas não ignorem recursos significativos em impactos ambientais presentes ao longo de suas cadeias de abastecimento. Tais informações podem auxiliar as empresas a procurar desempenhar projetos de mitigação de emissões e de impactos ambientais, não apenas concernentes a suas plantas, mas também imiscuídos em toda a cadeia de suprimentos. Assim é que a medição de Pegadas de Carbono empresariais podem ser úteis para a aquiescência de políticas mais efetivas quanto à reversão das mudanças climáticas.

Muitas vezes, a aferição da Pegada de Carbono traz resultados surpreendentes. Em um estudo do *Global Action Plan*, instituição que possui mais de 12 anos de experiência em ajudar organizações a reduzir seus impactos ambientais, descobriu-se que o setor de Tecnologia em Informação e Comunicação (ICT – *Information and Communication Technology*) causa impactos significativos e crescentes nas mudanças

climáticas. No estudo, verificou-se, por meio de entrevistas, que quase todos os profissionais de ICT estavam cientes de que seu departamento gera um impacto no ambiente, com mais da metade acreditando que os impactos são significativos. Apesar dessas crenças, 86% dos profissionais de ICT não conhecem a Pegada de Carbono das atividades de seu departamento, muitos deles pertencentes a empresas que quantificam sua Pegada. Após o estudo, a maioria afirmou que as considerações ambientais serão importantes em suas decisões de compras relacionadas ao setor de ICT pelos próximos 2 anos (GAP, 2007, p.3).

Há mais de um bilhão de computadores no planeta, e o setor mundial de ICT é responsável por cerca de 2% das emissões antrópicas anuais de CO_2 – similarmente à indústria mundial de aviação comercial. No Reino Unido, há uma estimativa de 10 milhões de computadores em escritórios, sendo que os equipamentos de ICT respondem por aproximadamente 10% do consumo total de energia. Aferiu-se também que um servidor de tamanho médio possui uma Pegada de Carbono similar a um veículo urbano pequeno que percorra 15 milhas por galão (6,38 km/l). Além disso, servidores também requerem tanta energia para resfriar quanto a que eles consomem diretamente. Estendendo a abrangência dos impactos do setor, verificou-se que se 20% das viagens de negócios européias fossem substituídas por teleconferência, poderiam ser evitadas emissões de GEE em cerca de 25 milhões de CO_2 por ano (GAP, 2007, p.2). De posse dos resultados, a Pegada de Carbono passará a ser usada como um indicador (interno) por algumas empresas de ICT abarcadas, com objetivo de balizar a busca por ações direcionadas à mitigação e neutralização de emissões.

Todavia, as informações delineadas pela mensuração da Pegada de Carbono variam dependendo de como a mesma foi calculada e de quanta responsabilidade a entidade sendo avaliada está disposta a arcar com. Existe uma inerente troca entre a extensão das medições (i.e. o percentual do total de emissões de GEE incluídas em um sistema) e participação (i.e. o percentual de negócios ou consumidores tomando parte no sistema) (MATTHEWS, 2008, p.2). Logo, a garantia de eficácia quando da aplicação de ações fundamentadas na Pegada de Carbono resulta da eficiência de mensuração da Pegada, envolvendo processo metodológico e dados usados. Um inventário de emissões deve ser suficientemente georreferenciado, com uma abrangência territorial compatível com seu impacto. Disto que, justifica-se inventariar GEE por todo um país, mas para poluentes locais é preferível para efeitos de saúde pública a abrangência reduzida (e.g. ‘MP_{10} no entorno do empreendimento’ ou ‘hidrocarbonetos no município’) (GOLDEMBERG e LUCON, 2008, p.115).

Desta feita, a quantificação da Pegada de Carbono deve remontar ao início do ciclo de vida dos processos emissores. Análises dos impactos ambientais dos consumos energéticos e de produtos domésticos perduram como um dos mais importantes tópicos em pesquisas de sustentabilidade na questão da Pegada de Carbono. Não obstante, a maioria dos trabalhos passados e recentes tem focado as médias nacionais domésticas, negligenciando tanto a crescente importância do comércio internacional na Pegada de Carbono doméstica quanto a variação entre domicílios de diferentes níveis de renda e demográficos. Descobriu-se que devido aos recentes aumentos no comércio

internacional, 30% do total das emissões norte-americanas domésticas de CO_2 em 2004 ocorreram fora da fronteira dos EUA (WEBER e MATTHEWS, 2008).

Diante do exposto, poder-se-ia questionar quanto à necessidade então de se aferir a Pegada de Carbono de empresas, alegando-se o fato de estas possuírem abrangência local. Primeiramente, o setor empresarial é o motor de todos os processos produtivos na humanidade e, conseguintemente, pelas emissões de GEE oriundas destes. Por outro ponto de vista, se amenizando a afirmação, com a distribuição das emissões pelos setores governo, corporações e sociedade, o setor empresarial em conjunto ainda assim possui grande parcela de responsabilidade pelas emissões. As companhias possuem o papel central na pavimentação do caminho em direção a uma sociedade menos emissora de GEE (*low-carbon society*), pois a maior porção de *inputs* de carbono e emissões de GEE provê da produção industrial, sendo depois distribuída para os segmentos de consumo. Como consequencia, os intervenientes mais e mais requerem que as companhias manifestem-se quanto a suas estratégias para superação das alterações climáticas (HOFFMANN, 2008, p.2). Além disso, muitas são as corporações de atividades globais que influenciam diversos processos em diversas economias de países. Na prática, é necessário o somatório da mensuração das Pegadas de Carbono, especialmente destas corporações globais, por setores, segmentos e empresas, para conhecimento da Pegada de Carbono do setor como um todo, por região, país ou mundialmente.

Por motivo do contexto relativo a tais considerações, o Banco Mundial (2009, p.9) assevera que “se os líderes nacionais e internacionais demonstrarem visão de futuro, poderão evitar cair na armadilha de sacrificar a sustentabilidade ambiental por ganhos macroeconômicos de curto prazo, e se beneficiar das oportunidades para enfrentar questões ligadas à mudança climática”. Vejamos o exemplo da economia de energia. A racionalização não evoluiu em tempos onde a energia era abundante e barata, mas durante crises, dentre as quais podem ser citadas: a) durante a II Guerra Mundial, em que o temor da Alemanha em depender de petróleo a levou a intensas pesquisas na área de gaseificação de carvão; b) o aumento dos preços do petróleo na década de 1970 e o receio dos países do Ocidente de uma dependência exagerada das importações do Oriente Médio; c) a crise de eletricidade (‘apagão’) por causa de uma seca prolongada no Brasil em 2001, que o levou a adotar medidas de contenção e troca de equipamentos por outros mais eficientes (GOLDEMBERG e LUCON, 2008, p.217). Se tais medidas tivessem sido antevistas e adotadas preventivamente, as perdas econômicas teriam sido bem menores.

Pelo momento vivido, podemos considerar que estamos em meio a uma crise, ou a beira de uma, não somente ambiental, mas social e econômica também. O mundo enfrenta sérias ameaças futuras relacionadas à energia, por temer-se não haver adequadas nem seguras fontes de abastecimento em preços custeáveis e devido aos prejuízos ambientais causados pelo consumo energético excessivo (IEA, 2006, p.1). Com respeito ao lado do abastecimento, a disponibilidade de todos os recursos fósseis é naturalmente limitada em longo prazo. Como resultado, aumentos de preços para *inputs* baseados em carbono são inevitáveis. Com respeito ao lado do consumo, as alterações climáticas trarão drásticas consequencias ecológicas (IPCC, 2007a) e possivelmente

implicações econômicas ainda mais além do previsto (STERN, 2006). Apesar de parcamente, alguns líderes e governantes responsáveis pela formulação de políticas já começaram a aceitar os desafios, como visto no item 2.3 do presente trabalho (HOFFMANN, 2008, p.2).

Logo, cabe aos líderes gestores, empresariais e governamentais, assumir uma postura de mudança, de renovação por sistemas produtivos mais sustentáveis. Caso isso não seja feito, as previsões não são nada favoráveis, protegendo apenas alguns. Nesse cenário, a recessão econômica mundial será associada a uma queda nos investimentos privados, incluindo aqueles que são 'amigáveis' ao clima (no sentido de contribuírem a mitigar a mudança climática). Estes investimentos podem ser muito prejudicados no contexto atual, levando em conta que o preço dos combustíveis fósseis sofreu uma queda acentuada em relação às fontes alternativas, e que já esteja ocorrendo um declínio no fluxo de recursos para projetos voltados à produção de energia com baixo teor de carbono. A expectativa de manutenção de um preço relativamente baixo para os combustíveis fósseis poderá não somente impedir os investimentos em tecnologia com menos emissão de carbono, mas também poderá levar a um maior consumo de fontes de energia mais baratas, porém mais sujas. Por exemplo, a redução no preço da gasolina poderia limitar o crescimento da demanda por veículos híbridos, especialmente na América do Norte. Além disso, com um menor crescimento econômico no mundo inteiro, as emissões de GEE poderiam apresentar um declínio cíclico que criaria incentivos políticos ao adiamento dos esforços para reduzir a tendência de aumento das emissões. Em suma, a crise financeira e econômica global poderá levar a um estreitamento do horizonte temporal dos formuladores de políticas públicas que poderia redirecionar o padrão de desenvolvimento para atividades mais intensivas em carbono. Essa postura contribuiria apenas para aumentar a dificuldade e elevar o custo de reduzir as emissões de GEE no futuro (BANCO MUNDIAL, 2009, p.8).

O Banco Mundial afirma que "uma crise econômica e financeira global de dimensões inéditas começou a se desdobrar". A urgência, a rapidez e a surpreendente magnitude dos desafios impostos pela crise têm o potencial de afetar negativamente os esforços dirigidos a enfrentar os desafios causados pelas mudanças climáticas. A capacidade dos líderes políticos e das instituições nacionais e supranacionais de lidar com ameaças globais de grande magnitude não é ilimitada. Portanto, seria ingênuo pensar que a habilidade do mundo para enfrentar simultaneamente o colapso dos mercados financeiros e os riscos impostos pelas mudanças climáticas está livre de tensões e dilemas. Contudo, essas duas ameaças tem implicações tão profundas para a humanidade que não seria prudente permitir que as emergências de curto prazo criadas pela crise financeira global desviem indevidamente a atenção dos perigos associados, no longo prazo, à mudança climática, pois ingênuo também seria pensar que podemos manter a forma e ritmo do modelo de desenvolvimento atual, sem promover alterações. Claramente, o desafio consiste em chegar a um consenso, e identificar e implementar tantas políticas quantas forem viáveis que possam levar a avanços simultâneos na solução de ambas as questões (BANCO MUNDIAL, 2009, p.8).

Para isso, o uso do indicador Pegada de Carbono não pode ocorrer meramente por discurso. De forma a reforçar a confiança das avaliações dos ciclos de vida completos envolvendo o carbono e determinar as diferenças performáticas entre companhias, os gestores empresariais devem usar o indicador para medir concisamente a performance de uma companhia com relação às emissões de carbono derivadas de sua existência (HOFFMANN, 2008, p.2). Essa medição apurada pode também ser justificada por leis de mercado, do ponto de vista do consumo consciente, cada vez mais em alta.

Por que os consumidores podem influenciar a Pegada de Carbono de bens e serviços através de suas decisões de compras, uma larga estimativa da Pegada de Carbono é apropriada, incluindo as emissões cadeia de suprimentos. Similarmente, como uma empresa pode influenciar seus fornecedores, uma estimativa ainda mais larga pode motivar políticas mais efetivas quanto às alterações climáticas. Sem indicadores quantitativos das Pegadas de Carbono, essas decisões por parte dos consumidores e corporações seria menos efetiva, porque não se estaria contando a história completa. Em meio a tal contexto, uma forma de utilização destes indicadores são os rótulos de carbono, os quais informam os consumidores a respeito do montante de GEE emitidos durante a produção e consumo de bens, incluindo alimentos. No futuro, consumidores e respostas legislativas aos rótulos podem favorecer bens com emissões mais baixas, e então modificar cadeias de suprimento estabelecidas, o que pode acarretar conseqüências impensadas (JONES *et al*, 2009).

Em 2006 e 2007, com uso da metodologia PAS2050 do *Carbon Trust*, a empresa *Pepsi Co.* promoveu um estudo para medição da Pegada de Carbono de um pacote de salgadinhos '*Walkers crisps*' e entendimento de como reduzi-la[26]. A metodologia incluiu cada etapa-chave do processo, desde o plantio das sementes das batatas, ao processo de embalagem e estocagem, até a disposição final do pacote vazio, resultando no valor de 75 gCO_2eq por sacola de 35.4g. Após a avaliação a companhia lançou nas embalagens o primeiro rótulo de carbono no mundo, intentando comunicar ao público a informação e um comprometimento em reduzir o impacto das emissões causado pelos salgadinhos. Em julho de 2007 e fevereiro de 2008, uma pesquisa buscou a visão da consciência, percepção e impacto da rotulagem do carbono entre os consumidores, desde o lançamento do produto em março de 2007. A pesquisa mostrou que existe um baixo nível de ceticismo quanto à rotulagem de carbono, havendo a crença de que isso poderia, com o tempo, ajudar os consumidores a fazer a diferença. 31% disseram que permite às pessoas fazer uma modesta, mas pessoal contribuição ao problema das alterações climáticas e 20% dizem que é um desenvolvimento positivo e mais companhias deveriam fazer isso. 21% declararam que é apenas um gesto.

Para que se assegure a eficiência do indicador Pegada de Carbono, se usado como rótulo, diversas questões devem ser avaliadas. Tendo em vista que um 'salgadinho' seja rotulado como tendo uma carga de 75 gCO_2eq, o que isso significa para o consumidor? Por exemplo, 2h assistindo à televisão geram 200 gCO_2eq, o enchimento de uma máquina de lavar louças equivale a 622 gCO_2eq e um vôo comercial de 1.000km a

---

[26] http://www.pepsico.co.uk/purpose/environment/reports-and-updates/2008-environment-report/engaging-the-public/the-carbon-trust-and-carbon-labelling. Acesso em 13 mai 2010.

170.000 gCO_2eq. Dentre outros, esses exemplos destacam o seguinte: para que um rótulo de Pegada de Carbono faça algum sentido, todos os produtos e áreas deveriam ser incluídos (rotulados). Somente por este caminho poderiam os consumidores tornarem-se despertos para as conexões e avaliação das informações a fim de agirem propriamente. Seria insensato um consumidor ir buscar uma lata de amendoins com um a Pegada de Carbono de 88 gCO_2eq, ao invés de uma com 90 gCO_2eq, se, no caso de ir dirigindo a uma loja distando 1km de sua casa, ele geraria 200 vezes CO_2eq a diferença de 2 gCO_2 que ele salvou diferente (SCHIMDT, 2009, p.4).

A fim de tentar permitir a comparabilidade entre produtos, o *Carbon Trust* divulgou que, de 2008 em diante, trabalhariam com o Departamento de Meio-Ambiente, Abastecimento e Assuntos Rurais (DEFRA – *Department for Environment, Food and Rural Affairs*) e o Instituto Britânico de Padronizações (*Bristish Standards Institute*) para acordar uma metodologia ampla comum para as indústrias para medição e rotulagem da Pegada de Carbono. O esforço envolveria também a busca por congregar mais empresas à iniciativa, permitindo a comparação entre rótulos de produtos de diferentes setores. Atualmente, o *Carbon* Trust recomenda que, após a mensuração da Pegada de Carbono de produtos (mesmo por outras metodologias), haja a certificação pela empresa *Footprint Expert*, que possui especificações uniformes. A companhia acredita que isso maximiza a comparabilidade da Pegada de Carbono de seu produto com outros produtos e serviços similarmente certificados. Esta certificação já foi usada em muitos produtos – placas de pavimentação, leite, embalagens, camisetas, bebidas, batatas, fluidos para aquecimento central, vitaminas, ferro com cadeias de suprimento estendidas pelo globo.

Outra implicação seria que para alguns bens, além de fornecer detalhes da categoria de energia/eficiência (e.g. A, B ou C), o rótulo 'Pegada de Carbono' com valor em CO_2eq deveria constante no produto (e.g. refrigerador) possuiria valores de CO_2eq gerados diferentes na Alemanha, na França e em outros países, visto que o parque energético é diferente (SCHIMDT, 2009, p.4). Além disso, existe o receio de que a rotulagem de produtos pudesse esconder efeitos financeiros negativos, através do repasse de custos de emissões aos consumidores (mas que ainda poderia garantir o ganho ambiental). Logo, há que se ter muito cuidado para que a rotulagem de carbono não seja somente uma jogada de *marketing*.

Na busca por se evitar o discurso vazio dessas jogadas de *marketing*, rótulos que o consumidor pode ter em consideração no momento de fazer suas decisões de 'compras ambientais' estão sendo discutidos. Hodiernamente, depois de mais de 30 anos de evolução rumo ao desenvolvimento sustentável, a questão a ser esclarecida é se essa abordagem seria um passo retrógrado quanto à atenção ao conceito de produção e consumo sustentáveis. Pois, visto que sustentabilidade inclui os três componentes – ambiental, econômico e social, os conceitos concernentes a lida com este ponto devem considerar todos os três constituintes, evitando-se privilegiar um em detrimento dos demais. Mesmo quando sugestões para aprimoramentos são limitados a um aspecto (e.g. ecologia), as mesmas cingem mais searas ambientais ou indicadores do que apenas os efeitos do GEE, como o consumo de recursos e biodiversidade. Em adição aos aspectos ambientais, em geral, consumidores também fazem uma avaliação segundo outros

critérios no momento das decisões de compras, como o preço do produto, sua funcionalidade e contribuição à qualidade de vida (SCHIMDT, 2009, p.1).

A rotulagem de carbono em produtos certamente possui o benefício de chamar a atenção do público à temática. Porém, no estágio em que se encontra, deve ser revista a proporcionalidade em que tais rótulos devam ser usados. Especialistas em estudos detalhados de ACV pensam que é, no mínimo, uma idéia provocante acreditar que os problemas/impactos poderiam ser capturados em um único indicador. Um exemplo poderia ser dado para os biocombustíveis, os quais, por possuírem uma baixa Pegada de Carbono, poderiam causar a impressão de ser um produto verdadeiramente amigo do ambiente, a despeito de seus possíveis impactos negativos (em casos de ingerências) quanto ao uso da terra, ultimamente aumentando a pressão em florestas tropicais e outros habitantes ricos em biodiversidade. Mas, a Pegada de Carbono poderia ser um indicador válido quando se deseja comparar diferentes tipos de biocombustíveis ou o impacto de diferentes produtos alimentícios. Por outro lado, a Pegada de Carbono, ao incluir as mudanças climáticas, também compreende ao menos alguns impactos do uso da terra são cobertos por esta abordagem (WEIDEMA, 2008, p.2).

No entanto, os rótulos não devem ser desmerecidos nem descartados, mas utilizados de acordo com a devida proporcionalidade e finalidade. Aos consumidores, o propósito de um rótulo da Pegada de Carbono poderia ser apenas acentuar nosso conhecimento e compreensão a respeito das emissões de GEE advindas da cada estágio no ciclo de vida de um sistema produtivo. Mas, se aplicada a toda a cadeia, com um enfoque conscientizador, a rotulagem pode influenciar cada grupo de intervenientes – sejam a indústria ou o consumidor – a assumir suas responsabilidade e promover suas contribuições à otimização da questão mitigação das alterações climáticas. Talvez dessa forma, a rotulagem de carbono possa mostrar um potencial real de dirigir a mudança de comportamento, em cada etapa de um ciclo produtivo, dos fornecedores e transportadores aos consumidores. Uma figura ou rótulos simplórios não permitem alcançar isso (SCHIMDT, 2009).

Conseguintemente, a mera exposição de rótulos de carbono em embalagens garantiria poucos benefícios, a saber: a contribuição do despertar da consciência do consumidor para a questão e a possibilidade de comparação entre produtos semelhantes ou possuidores de certificação pela mesma empresa. Já no caso de empresas realmente comprometidas com a mitigação de emissões, a divulgação percentual da redução/neutralização de suas emissões ao longo de um período já seria bem mais profícua. Tal uso do indicador origina bem menos implicações. Além do mais, o detalhamento da Pegada de Carbono empresarial e políticas de gestão desta podem ser divulgados nos relatórios corporativos da companhia. Não obstante, ainda que solucionadas as dificuldade da rotulagem de produtos, a influência dos consumidores sobre sua Pegada de Carbono total e a influência dos empreendedores sobre suas cadeias de suprimentos não devem ser exageradas. Para alguns casos, o uso do indicador Pegada de Carbono em formatos de divulgação não teria utilidade.

Em um estudo a respeito da Pegada de Carbono de três produtos horticulturais (alface, brócolis e feijões verdes) exportados para o Reino Unido, as análises permitiram a

caracterização de 3 pontos de vulnerabilidade, a saber: transporte, economia nacional e especificidades da cadeia de suprimentos. Não existe uma relação simplória entre as características de um país exportador e sua vulnerabilidade à introdução de um rótulo de carbono. Países em desenvolvimento geograficamente mais distantes com um alto nível de produtos a exportar substituíveis são os mais vulneráveis à adoção de um rótulo de carbono, pois sofreriam uma desvantajosa comparação com produtos locais. Contudo, muitos países em desenvolvimento seriam pouco vulneráveis, pois a maioria de suas exportações são grãos tropicais, os quais dificilmente seriam substituídos por produção local. Para este exemplo, rótulos que requeiram reduções de emissões de GEE contratuais poderiam ter maiores impactos em curto prazo (JONES *et al*, 2009).

Por outro lado, a rotulagem de carbono para produtos alimentícios exportados pode impedir outros tipos de jogadas de *marketing*. Por vezes, explora-se o lado da demanda de que os consumidores querem se tornar ‘verdes’, com as emissões de GEE no topo de suas mentes. Em uma recente pesquisa global, 85% dos consumidores declararam-se ‘extremamente’ ou ‘de certa forma’ preocupados com as mudanças climáticas, e 81% acreditam que isso impactará suas vidas diretamente. Contudo, muitos produtos ‘verdes’, como orgânicos, chegam à UE transportados por avião, e sucos orgânicos que aparentemente são ‘amigos do meio ambiente’ e contrários às mudanças climáticas atravessam o mundo para serem vendidos no Japão. Esses produtos possuem uma Pegada de Carbono altíssima e custos monetários elevados, sendo totalmente insustentáveis do ponto de vista das emissões de GEE (WEF, 2009, p.11).

A despeito das implicações explanadas para o uso do indicador Pegada de Carbono em divulgações externas, o indicador pode ser melhor aproveitado internamente (e este deve ser seu maior foco), servindo de base para a adoção de políticas e programas de combate às alterações climáticas. Neste sentido, um movimento significativo é esperado em direção à redução da intensidade de emissões em cadeias de abastecimento, criando tanto oportunidades quanto riscos para firmas de logística e transportes, que serão modificadas no abastecimento e direção da demanda segundo: a regulação das emissões de GEE; os preços de combustíveis mais altos e voláteis; e evolução das demandas dos consumidores e clientes.

Um minucioso estudo do Fórum Econômico Mundial (WEF – *World Economic Forum*) (2009) assegura que o setor de logística e transportes pode desempenhar um papel influente nas descarbonização de atividades comerciais/econômicas, tanto em suas próprias operações e também através da otimização de cadeias de abastecimento transfronteiriças. Segundo o WEF, o relatório foi construído do ponto de vista das maiores empresas mundiais de logística e transportes, capturando o comprometimento do setor de ser o coração dos esforços para a descarbonização da cadeia de suprimentos. A avaliações deram-se tanto quantitativa quanto contextualmente, referindo-se a verossímeis oportunidades de abatimentos e alargando os limites do conhecimento corrente em busca de clarificar tópicos controversos (WEF, 2009, p.5).

O estudo do WEF estima que as atividades econômicas geram anualmente emissões de GEE em torno de 50.000 MtCO_2eq. Destas, 2.800 Mt – ou 5.5% do total – seriam aquinhoadas às atividades de logística e transportes, avaliadas através da

mensuração da Pegada de Carbono do setor. As oportunidades de descarbonização comercialmente viáveis que podem ser implantadas pela indústria de transportes e logística são da ordem de 1.400 $MtCO_2eq$ no médio prazo. Em torno de 60% desse potencial de abatimento de emissões são originados das emissões do próprio setor. Outros abatimentos adviriam de cadeias de abastecimento transfronteiriças e poderiam ser alcançados através de mudanças nas configurações de gestão das atividades de transportes e logística (WEF, 2009, p.4). O estudo pormenoriza a adoção de uma série de medidas, realizadas com base na quantificação da Pegada de Carbono do setor.

Historicamente, aquelas companhias de logística e transportes comprometidas com o desafio das mudanças climáticas, haviam procurado uma visão tática e interna da descarbonização da cadeia de suprimentos, o que resultou em importantes resultados, embora de dimensão pequena. Muitas das soluções apresentadas foram pontuais, como o aumento da frota de caminhões movidos a bateria, aplicações de agendamentos automatizadas e tecnologias de construção verde. Mais recentemente, está sendo evidenciada a necessidade de se olhar mais estrategicamente a cadeia de abastecimento, do começo ao fim, encerrando todos os aspectos do ciclo de vida do produto desde a matéria-prima ao descarte. Isso poderia ser primeiramente alcançado pela larga adoção de tecnologias disponíveis, alavancagem de novas relações comerciais e desenvolvimento de novas estratégias de negócios. Foram identificados direcionadores fundamentais para prover o ambiente econômico necessário à implementação: regulação das emissões; reação a preços mais altos e voláteis; evolução da demanda dos consumidores e clientes (WEF, 2009, p.5-6).

Quanto à regulação das emissões, acredita-se que, de forma global, as emissões da cadeia de suprimentos irão ser crescentemente reguladas pela variedade de padronizações legais a serem estabelecidas, como atestam numerosas políticas em desenvolvimento. Como exemplos, sabe-se que a UE e a Califórnia visam a promover uma política energética que intimará uma redução de 20% e 23%, respectivamente, de redução das emissões de GEE pra 2023. O Reino Unido, através de um Ato de Mudança Climática planeja para 2050 o corte de 80% nas emissões nacionais (WEF, 2009, p.6). Com o contínuo desenvolvimento dos esquemas de comercialização de emissões evitadas sendo evidenciado, as pressões para a descarbonização a partir de fomentadores de políticas tendem a crescer. Um montante significativo dos custos de energia já são taxados em muitas partes da cadeia de suprimentos. Adicionalmente, desestímulos fiscais a emissão de GEE, como abordagens baseadas em limites e taxações, poderiam estimular os mercados a internalizar as externalidades ambientais das atividades da cadeia de suprimentos. O maior precedente tem sido a introdução do Sistema de Comércio de emissões da União Européia (EU ETS – *European Union Emission Trading System*) para indústrias muito poluentes. Espera-se que o sistema seja estendido ao setor de aviação em 2012 e existem discussões sobre a extensão do mesmo aos transportes marítimos (WEF, 2009, p.10).

Entretanto, efeitos de alimentação nas etapas, devidos a mudanças nas estratégias de manufatura em indústrias de energia intensiva podem ser esperadas. Existe uma crescente convergência no debate em direção a um preço de carbono universal. Como

exemplo, a Mesa Redonda Nacional do Canadá em Economia e Meio-Ambiente (NRTEE – *Canada's National Round Table on the Economy and the Environment*) recentemente recomendou a adoção de uma taxa de carbono como instrumento político preferido para a superação do desafio das mudanças climáticas. O Conselho Canadense de Chefes Executivos (CCCE – *Council of Chief Executives*) acolheu a proposta da NRTEE, noticiando que a proposta ecoou em uma subsequente declaração de políticas da CCCE, pelo reconhecimento da necessidade por sinais econômicos que pressionem indivíduos e empreendimentos apáticos quanto à redução de GEE (COURCHENE, 2008, p.1). Um preço de carbono aplicado às taxas de mercado correntes para os créditos EU ETS adicionaria mais 5% a 16% aos preços atuais de combustíveis fósseis (WEF, 2009, p.10). Nesse contexto, é necessária a exposição clara de onde e como essas possíveis taxações de carbono serão aplicadas, a fim de evitar que aconteça somente o repasse de custos ambientais ao consumidor e garantir a promoção de ações corretivas quanto às mudanças climáticas. Além de taxações e legislações, existirá uma pressão adicional para redução de emissões, dirigidos em sua maior parte por organizações, como o CDP e GHG *Protocol*.

Contanto, pairam dúvidas quanto à eficácia das taxações em nível internacional. Consistência, assim como condescendência com o regime comercial internacional, requereria que uma taxação doméstica de carbono fosse aplicada a todos os produtos produzidos e consumidos nacionalmente. Sem isso, uma nação não complacente poderia usar a taxa para proteger produtores nacionais da competição por importação. O impacto desse modelo obviamente seria maior quanto maior fosse o número de países participantes. Aplicado globalmente, propiciaria a maior contribuição possível para enfrentar o desafio das mudanças climáticas. O mecanismo, contudo, seria um poderoso e efetivo instrumento político se utilizado globalmente ou regionalmente – por exemplo, dentro dos blocos econômicos ou por um único país (COURCHENE, 2008, p.3).

Quanto à reação a preços mais altos e voláteis, para a maior parte das cadeias de abastecimento, existe uma relação simples de ganho-ganho no custo e emissões, como iniciativas para redução de combustíveis fósseis para reduzir custos. Logo, reduzir o consumo de combustíveis fósseis nas cadeias de abastecimento é a alavanca singular mais importante para cortar as emissões de GEE. Isso também reduz substancialmente as expensas de operações em um setor em que a compra de energia pode variar de 5 a 35% do custo de base total. Implementar a descarbonização também reduz a exposição à volatilidade dos custos de energia, ajudando a dirimir o custo básico. A era da energia de custos estáveis e baixos está próxima do fim, talvez correlacionada à crescente escassez e incerteza quanto à garantia de suprimento. Durante o período de 2006 a 2008, os preços do petróleo ficaram na média de U$ 86 por barril. O preço mais baixo de um barril no período foi U$50, o mais alto foi U$144 em julho de 2008 (WEF, 2009, p.10).

Já a expansão da demanda dos consumidores e clientes envolve a mudança de expectativas quanto à sustentabilidade, avança através da resposta direta dos consumidores, na forma de mudança nos padrões de compras a varejo, e, consequentemente, mudanças nas origens das decisões dos varejistas e distribuidores para responder e adequar-se a os requerimentos dos consumidores. Atualmente, o

número de idas às compras e de quilômetros percorridos por ano por consumidores é bastante elevado – em média 50 idas e 126 bilhões de quilômetros percorridos por ano por consumidor, nas economias mais desenvolvidas. O WEF analisa que a entrega em domicílio é 4 vezes mais eficiente em termos de emissões de GEE, assumindo que as entregas fossem capazes de eliminar por completo as jornadas às compras. Apesar de as economias absolutas de emissões parecerem pequenas, deve-se validar que isso pode gerar novas e significativas oportunidades de negócios para empresas prestarem novos serviços de oferta (WEF, 2009, p.27). Além do mais, poder-se-ia evitar as emissões relativas ao funcionamento de departamentos e lojas, a exemplo da economia do consumo energético.

Seguindo os direcionamentos demarcados pelo WEF, a companhia *Wal-Mart* resolveu quantificar sua Pegada de Carbono segundo análise de ACV, e utilizá-la como indicador interno para a aplicação de medidas orientadas a realizar a redução dos custos e emissões em sua cadeia de suprimentos. Através de atividades internas e compromissos com seus fornecedores, a maior varejista do mundo pretende tornar sua frota de caminhões 25% mais eficientes em 3 anos e o dobro em 10 anos. A empresa planeja difundir essas inovações através de toda sua cadeia, acreditando que isso criará um efeito de ondulação e magnificação numa escala global (WEF, 2009, p.12). A partir de reuniões para organização do programa de reduções, a companhia identificou, para o cenário atual, 9 áreas focais potenciais para redução de emissões na cadeia de suprimentos (do início ao fim) (Figura 32).

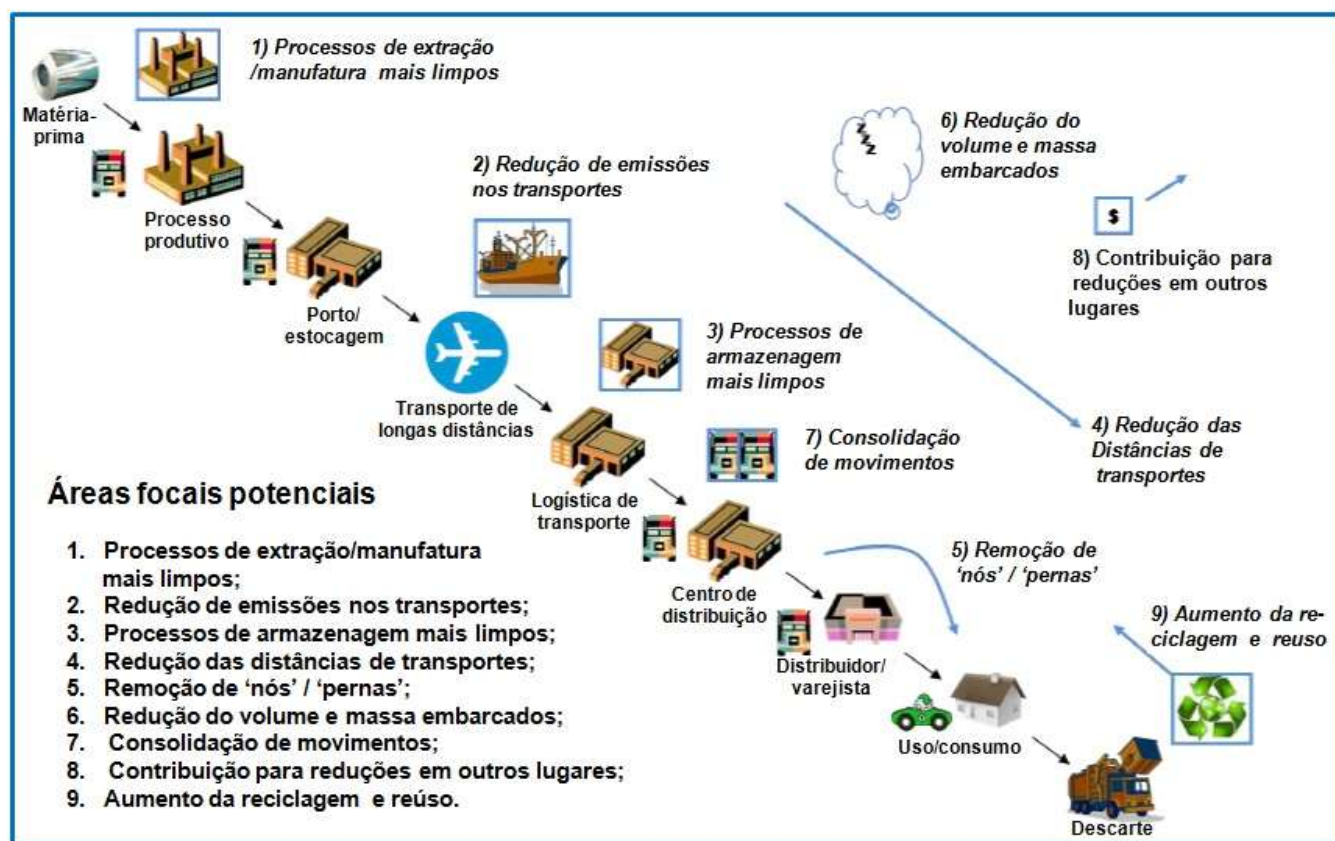



Figura 32 - Áreas focais da cadeia de suprimentos com potencial para redução de emissões de GEE. Adaptado de: WEF, (2009, p.13)

Através de *workshops* com os membros do WEF, a empresa identificou 75 oportunidades individuais que demonstraram potencial pra redução da intensidade de emissões de GEE nas cadeias produtivas. Estas foram condensadas em 13 itens principais apresentados como uma real e creditável oportunidade para uma descarbonização atingível e custo-efetiva (Figura 33). Os 13 itens principais foram agrupados graficamente, com o eixo das abscissas significando o potencial de abatimento calculado, considerando o potencial máximo de abatimento, e o eixo das coordenadas o índice de exequibilidade, considerando barreiras possíveis de serem retiradas e a extensão em que o potencial para retirá-las é controlado pelo vários intervenientes da cadeia de abastecimento. As 3 oportunidades que ofereceram os maiores potenciais para reduzir as emissões, avaliando-se os custos de implantação de medidas e o balanceamento entre o potencial de abatimento de emissões e sua exequibilidade, foram: 1 – Tecnologias para veículos mais limpas; 2 – Desaceleração da cadeia de suprimentos; e 4 – Otimização das redes de comunicações (WEF, 2009, p.14). Ressalta-se que tais avaliações foram referentes apenas ao setor de logística e transportes. Alguns destes itens merecem a tecedura de algumas considerações a fim de clarificar a ligação destes como o indicador Pegada de Carbono.

Oportunidade de Descarbonização	Potencial de Redução ($MtCO_2eq$)	Índice de Exequibilidade
1. Tecnologias para veículos mais limpas	175	0.8
2. Desaceleração da cadeia de suprimentos	171	0.8
3. Otimizar a locação dos processos agrícolas	178	0.6
4. Otimizar as redes de comunicações	124	0.8
5. Eficiência energética de construções	93	0.9
6. Redução do peso e volume de embalagens	132	0.7
7. Otimizar a locação do beneficiamento	152	0.6
8. Transporte e comunicação	117	0.8
9. Mudança dos modais de transporte	115	0.7
10. Logística reversa / reciclagem	84	0.6
11. *Nearshoring*	5	0.7
12. Aumento da entrega em domicílio	17	0.5
13. Gestão do tráfego	26	0.3

Figura 33 - Potenciais de descarbonização ao longo da cadeia produtiva da *Wal-Mart.*
Adaptado de: WEF (2009, p.13).

O item necessidade pela desaceleração da cadeia de suprimentos, por exemplo, já mostra um interessante exemplo de mudança cultural e modificação do sistema produtivo vigente. O acelerado retorno adotado em muitas atividades da cadeia de suprimentos visa a atender a demanda do consumidor prontamente (o mais imediatamente possível), mas a preços de emissões de GEE (e outras perdas ambientais) elevadas. A velocidade nas cadeias de abastecimento é dirigida por fatores como perspectivas de vendas, prazos finais e janelas de reserva. Isto causa a exacerbação de emissões, por meio de, por exemplo, mudança para formas de transporte menos eficientes, aumento do número de ordens expedidas e aumento da velocidade dos veículos e viagens. Diante disso, foram analisadas 3 fontes potenciais de abatimentos: a velocidade reduzida de veículos rodoviários; velocidade reduzida de navios; e melhor aproveitamento do potencial de carga, com janelas de tempo aumentadas. Foram avaliadas e mensuradas medidas como redução da velocidade de caminhões em autopistas de 105km/h para 100km/h e o decréscimo linear da velocidade de navios, que resultam em reduções de emissões ao quadrado. Tais ações resultam em ínfimos impactos operacionais, mas promovem ganhos econômicos e ambientais significativos. Já o aproveitamento mais eficaz de carregamento é mais difícil de equacionar. A magnitude de abatimento proporcional é menor, em parte porque ocorre um leve aumento de emissões com o acréscimo de peso aos veículos (WEF, 2009, p.17).

Quanto ao aumento de eficácia na logística das redes de comunicação, a otimização de pontos nodais, hierarquias e fluxos de transportes inter-relacionados conduzem à redução de custos e emissões de GEE. Pesquisas demonstram que muitas redes permanecem parcialmente eficientes como resultado de inércia e falta de durabilidade das decisões estratégicas implantadas. Estudos demonstraram que a reestruturação das redes de comunicação podem trazer uma redução de 11% de custos e de 10% de emissões, corrigindo algumas falhas encontradas. Descobriu-se que, por falta

de planejamento, 24% de veículos transportadores de bens trafegam vazios nos EUA, e quando carregados, os veículos tipicamente transportam apenas 57% de suas cargas máximas (WEF, 2009, p.19).

Já outros itens, que aparentemente seriam relevantes, possuem pouca representatividade, quando avaliadas as potenciais de redução de emissões que causariam. A prática de *nearshoring*, por exemplo, consiste na a busca por localizar atores da cadeia produtiva em países próximos geograficamente (de preferência sob mesmo fuso horário), o que pode diminuir as barreiras alfandegárias e políticas e os custos com mão-de-obra. Esta opção resulta em benefícios sociais e em significativas reduções em quilometragem, porém a redução dos impactos de emissões é pequena, devido principalmente à ineficiência relativa dos transportes rodoviários, quando comparados ao marítimo. Para a companhia *Wal-Mart, n*o total, a distância percorrida poderia diminuir de 5.000km para quase 700km, mas com reduções de apenas 5MtCO_2eq. Por isso, a adoção da prática de *nearshoring* deve ser cautelosamente avaliada. Há casos, inclusive, em que a adoção do transporte aéreo, assumindo que 25% dos volumes podem ser realocados a outras fontes de origem, poderia haver significativas economias de emissões na realocação de instalações de manufatura específicas que requeressem urgência de envio. As economias seriam em torno de 20MtCO_2eq (WEF, 2009, p.26).

Todas as oportunidades de abatimento de emissões citadas puderam ser identificadas porque houve preliminarmente a mensuração da Pegada de Carbono relativa ao setor de logística e transportes da cadeia produtiva da empresa. A quantificação das emissões diretas apenas, seguramente não proveria uma idéia clara dos valores de GEE emitidos para a atmosfera devido às movimentações físicas (de todos os processos envolvidos) motivadas pela *Wal-Mart*. Pelo indicador Pegada de Carbono é que se chegou aos valores da Pegada de Carbono da companhia, e o uso do indicador (internamente) fomentou a identificação de tais oportunidades de abatimento de emissões. Algumas oportunidades de abatimento, inclusive, só puderam ser clara e seguramente identificadas pelo embasamento propiciado pela quantificação da Pegada de Carbono, como por exemplo a redução do peso e volume das embalagens. As embalagens, que correspondem a 5% do peso total dos bens de consumo, respondem por 9,5% da Pegada de Carbono aferida, um montante significativo (WEF, 2009, p.21). Após o resultado das ações postas em prática, a empresa conquistará ganhos econômicos e fomentará ganhos ambientais, e ainda poderá divulgar quanto de sua Pegada de Carbono foi reduzida por suas atitudes.

Reiteramos, contudo, que o uso do indicador Pegada de Carbono refere-se estritamente à questão das mudanças climáticas, e que seu uso deve ser avaliado em meio aos demais fatores e indicadores. Não aconselhamos o radicalismo na tomada de decisões empresariais pela visualização somente deste indicador, se tomássemos a Pegada de Carbono como único padrão de medida, haveria algumas ameaças à vida. Teríamos de fechar cada estação de tratamento de água e esgoto no mundo, pois estas levam ao aumento da Pegada de Carbono mundial. Também deveríamos retirar os conversores catalíticos e filtros de partículas de diesel dos carros, pois levam a uma

Pegada de Carbono maior. A energia nuclear seria obviamente a opção energética mais preferível, por possuir a menor Pegada de Carbono dentre qualquer recurso energético renovável. (FINKBEINER, 2009, p.1). Schimdt (2009, p.4) adverte que, para abordagens radicais, uma questão surge, clamando ser respondida: “Se for dada maior prioridade ao indicador Pegada de Carbono hoje, do que à Pegada de Água amanhã, do que à Pegada de Energia Fóssil depois de amanhã e depois à Pegada do Uso da Terra, etc; como deveriam ser os outros indicadores considerados em relação ao premente ‘prioritário’?”.

Assim, o uso do indicador Pegada de Carbono deve ser buscado segundo um equilíbrio entre os extremos, pois os questionamentos que existem também não justificam a utilização do indicador apenas visando ao *marketing*. O *marketing*, direito de qualquer empresa séria quanto à RSE, deve vir em consequência dos programas e ações adotados para a mitigação das emissões de GEE. A Petrobras, por exemplo, quando questionada quanto à possibilidade de serem estimados os principais benefícios econômicos, sociais e ambientais advindos dos planos de redução de emissões de GEE, e se houve melhoria do valor, posição ou imagem da empresa devido a estas atividades, respondeu que:

> Ainda não é possível mensurar completamente os benefícios sociais e econômicos das emissões evitadas, contudo, devemos lembrar que os esforços para a estruturação da gestão do tema e dos resultados em eficiência energética contribuíram substancialmente para o ingresso da Petrobras no rol das empresas de energia líderes em sustentabilidade, tal como registrou o DJSI (MARCOVITCH, 2008, p.58).

Reiteramos ainda, que a adoção das melhores ações e estratégias de mitigação de emissões, tendo por base o indicador Pegada de Carbono, deve ser precedida de criteriosos estudos, pois há casos em que aquelas medidas prioritariamente sugeridas não são as mais efetivas, ou mesmo são inúteis. Exemplificando, um estudo de caso para o ciclo de cobre nos EUA mostra que para se alcançar uma redução de 60% do CO_2 emitido até o ano 2050, tecnologias inovativas de processamento primário de minérios, ao contrário do esperado, terão um papel limitado, devido ao aumento dos impactos futuros associados com a mineração cada vez mais profunda. Em contrapartida, a reciclagem se mostrou como alternativa mais profícua. A reciclagem de 18 a 80% de refugos poderia subverter as emissões de GEE requeridas. Um cenário alternativo focando a redução de demanda de cobre em 1% ao ano pode atingir a meta de redução de CO_2, requerendo apenas uma taxa de reciclagem de 18 a 36%. Juntos, tais pontos denotam a necessidade de se examinar mais de perto o estágio ‘em uso’ no ciclo de vida do metal para se alcançarem as reduções de CO_2 (GIURCO e PETRIE, 2007).

Conclusivamente, a mensuração da Pegada de Carbono frequentemente revelará tanto potenciais economias de custos energéticos na cadeia, incluindo outras oportunidades que podem ser exploradas, como também áreas problemáticas que deverão ser gerenciadas. Enquanto pode-se pensar que tais descobertas podem forçar o empresário a repensar substancialmente a estratégia de negócios, elas garantirão que a companhia esteja mais bem preparada para o futuro de menos emissões (MATTHEWS,

2008, p.3). Após promover a quantificação de sua Pegada de Carbono, a empresa poderá estudar as melhores alternativas de ações para mitigar a mesma, dentro de seu próprio processo produtivo, em diferentes setores, ou por acordo, estratégias junto a seus fornecedores e consumidores.

Algumas questões ainda precisam ser aprimoradas, como a precisão dos valores estimados. Enquanto as metodologias, perícia e precisão de dados referentes à Pegada de Carbono melhorarão continuamente, sempre haverá algum grau de incerteza associado ao processo de medição da Pegada de Carbono. As incertezas, ou margens de erros, são parte natural de muitos outros esquemas de medição e divulgação. Weidema (2008, p.2, tradução nossa) coloca que "certamente haverá casos em que a Pegada de Carbono poderá estar imprecisa ou interpretada incorretamente. Entretanto, se as decisões baseadas no indicador forem na direção correta, ainda será melhor usar este indicador do que não usar nenhum outro indicador ambiental". Se, subsequentemente, uma companhia decide comunicar os resultados de uma medição/trabalho de Pegada de Carbono, os valores de incerteza não são a parte central do rótulo da Pegada de Carbono. A enorme complexidade de incertezas não pode ser facilmente explicada aos consumidores por meio de um rótulo. Antes, encorajamos companhias e discutir as incertezas em comunicações mais gerais (MATTHEWS, 2008, p.3).

Finkbeiner (209, p.3) elenca que o desafio para a comunidade científica que acredita na análise das emissões de GEE consoante a abordagem da metodologia de ACV é triplo. Primeiramente, convencer-se e convencer de que as alterações climáticas não são o único problema que temos e que a Pegada de Carbono não é em todos os casos a opção mais correta para subsidiar a produção e consumo sustentável. Em segundo lugar, solucionar os problemas metodológicos existentes. Finalmente, em terceiro lugar, persuadir os líderes gestores, empresariais e governamentais, a se disporem a aceitar que a Pegada de Carbono pode ser uma ferramenta significativa para mitigar as alterações climáticas.

3 METODOLOGIA

3.1 Caracterização da Pesquisa

O estudo seguiu a caracterização metodológica proposta por Silva e Menezes (2001), os quais consideram quatro tipologias de classificação, quanto a: natureza, forma de abordagem, objetivos e procedimentos técnicos adotados.

Quanto à natureza, o estudo classifica-se como Pesquisa Básica, por envolver verdades e interesses universais, objetivar auxiliar na construção de conhecimentos novos e úteis para o avanço da ciência e sua aplicação, mas sem prever uma aplicação prática específica.

No referente à forma de abordagem, o estudo pode ser considerado quali-quantitativo. O objetivo geral, respeitante à utilização da Pegada de Carbono como Indicador de Sustentabilidade, demanda uma pesquisa qualitativa, visto requerer interpretação de fenômenos e atribuição de significados, tendendo para uma análise indutiva. Porém, o objetivo específico de demonstrar a quantificação de parte da Pegada de Carbono empresarial da Petrobras, com vistas a atestar a viabilidade do indicador e subsidiar o objetivo geral, demanda a quantificação de informações, remetendo-se a uma pesquisa quantitativa.

Quanto aos objetivos, o estudo consiste em uma pesquisa exploratória, por visar proporcionar uma maior familiarização como o problema, buscando torná-lo explícito e inteligível para possibilitar uma real futura aplicação prática de seu intuito.

Finalmente, em referência aos procedimentos técnicos adotados, o estudo constitui-se em um estudo de caso, com forte vínculo com a pesquisa bibliográfica. O estudo envolveu um objeto, buscando-se detalhá-lo em sua abrangência e contexto atual, e inclui o aferimento quantitativo em uma unidade, com vistas a subsidiar a explanação teórica principal.

3.2 Procedimentos Metodológicos

Norteando-se pela utilização do enfoque sistêmico como meio de compreensão e discussão, a metodologia procedeu segundo as etapas seqüenciais:

1. Revisão bibliográfica;
2. Mensuração da Pegada de Carbono da Unidade Sede da Petrobras em Natal;
3. Análise crítica dos resultados que suporte a indicação da Pegada de Carbono como eficaz Indicador de Sustentabilidade.

A revisão bibliográfica realizada buscou descrever os conceitos, contextualizações e interconexões dos temas Gases Efeito Estufa – GEE; Mudanças climáticas e alternativas potenciais de reversão; Responsabilidade Socioambiental Empresarial; Indicadores de Sustentabilidade e Eco-eficiência; Pegada de Carbono, no intuito de aclarar àqueles que acessarão esta dissertação quanto aos assuntos concernentes, como também servir de embasamento para a argumentação necessária à consecução do objetivo geral.

A Mensuração da Pegada de Carbono da Unidade Sede da Petrobras em Natal visou a atingir os objetivos específicos listados, uma vez que o cumprimento dos objetivos específicos seqüenciais e a análise das referências bibliográficas estudadas permitem construir o alicerce à argumentação prevalecente. No caso, buscava-se a demonstração efetiva de que as emissões indiretas contabilizam um rol de emissões deveras significativas dentre o total de GEE emitidos por uma atividade, a fim de justificar o uso da Pegada de Carbono como Indicador de Sustentabilidade. Logo, essa etapa necessita de um detalhamento metodológico específico (Tabela 7).

Tabela 7 - Etapas para mensuração e análise da Pegada de Carbono.

Atividade	Descrição
Definição do limite da pesquisa	Escolha da empresa; Conhecimento do *modus operandi* da empresa; Definição dos itens a serem medidos; Obtenção de informações.
Quantificação da Pegada de Carbono	Escolha da metodologia; Utilização do *software* GEMIS 4.6; Validação do *software*;
Análise crítica dos dados	Exposição dos resultados e exame crítico fundamentado em referências bibliográficas.

3.3 Definição do Limite da Pesquisa

O passo inicial para a definição do limite da pesquisa é justamente a escolha da empresa a ter sua Pegada de Carbono analisada. Nesse estudo, foi escolhido um segmento da empresa ‘Petróleo Brasileiro S.A ’ – Petrobras, sendo este a Unidade Sede da companhia em Natal-RN. Resumidamente, podemos observar a definição do escopo da pesquisa no quadro abaixo (Quadro 5).

Quadro 5 - Escopo da pesquisa.

- Empresa: Petrobras S.A. – Unidade Sede de Natal.
- Segmento: Setor empresarial administrativo.
- Tempo: 2008 e 2009.
- Variáveis: Emissões de GEE - emissões diretas de veículos automotivos; emissões indiretas dos itens energia elétrica consumida (Kw/h), papel (folhas A4) e copos plásticos descartáveis (poliestireno).

Atualmente, a Petrobras já é uma empresa com atuação global, possuindo subsidiárias como a Petrobras Distribuidora S.A. (BR Distribuidora), a Petrobras Transportes S.A. (Transpetro) e a Petrobras Biocombustíveis (PBio). O segmento ‘Exploração e Produção’ da Petrobras é desenvolvido através de Unidades de Produção e Exploração. O Rio Grande do Norte é pertencente à Unidade de Operações de Exploração e Produção do Rio Grande do Norte e Ceará – UO-RNCE. Para gestão das atividades de exploração e produção, são três as estruturas administrativas no RN: em Mossoró, ligada aos campos petrolíferos terrestres dos Estados do Rio Grande do Norte e Ceará, no Pólo Industrial de Guamaré e na capital Natal, onde está localizada a sede administrativa da UO-RNCE. No estado, no âmbito das alterações climáticas, a companhia vem já demonstrando alguns resultados de seu trabalho, como a implementação de tecnologias alternativas no Pólo Industrial de Guamaré e realização de eventos educativos e acadêmicos, relatados no subitem 2.3.2 do presente estudo.

A sede administrativa em Natal é situada na Av. Euzébio Rocha, 12, Cidade da Esperança, CEP 59064–100. A sede conta com o efetivo atual de 948 empregados próprios e 480 contratados. Possui um área total de 932.678,40m^2, sendo estruturada em diversos prédios horizontais e possuindo também uma grande área não construída – 144.767,69m^2.

A escolha do setor administrativo foi motivada pelo fato de praticamente não ser encontrada na literatura científica a creditação de emissões ao setor, como se o mesmo não fosse responsável pela causa de nenhuma emissão de GEE. Na verdade, o setor possui algumas emissões diretas, como aquelas derivadas da queima de combustíveis fósseis por veículos e diversas emissões indiretas em processos *upstream* e *downstream* dos insumos e produtos consumidos pelo setor. Avaliando a expressividade deste setor mundialmente, incluindo-se o setor de serviços, podemos imaginar a magnitude dos impactos de emissões de GEE causados pela existência de tais atividades.

Em relação ao *modus operandi* da unidade, em sua maior parte pode ser retratado como fundamentalmente padrão para escritórios. A unidade conta também com laboratórios de análises geológicas e químicas, os quais infelizmente não puderam ser abordados neste estudo por impedimento da companhia, explanado mais a frente.

Quanto ao porquê da escolha da Petrobras, buscamos uma empresa que fosse orientada à agir com responsabilidade perante aos meios socioambientais e a Petrobras constitui-se como uma empresa que predica procurar agir segundo uma política de desenvolvimento responsável sob os aspectos, econômicos, sociais e ambientais. Entretanto, apesar de a empresa vangloriar-se quanto à sua atuação responsável socioambientalmente, existiram algumas dificuldades que justificam algumas limitações impostas ao estudo. Preliminarmente, cabe uma explanação acerca do discurso promulgado pela empresa quanto à sua RSE.

A Petrobras foi constituída em outubro de 1953 (autorizada pela edição da Lei 2.004), tendo por finalidade executar as atividades do setor petróleo no Brasil em nome da União. Conforme o artigo 1º de seu Estatuto Social, é uma sociedade de economia mista, sob controle da União com prazo de duração indeterminado, que se regerá pelas normas da Lei das Sociedades por Ações (Lei nº 6.404, de 15 de dezembro de 1976) e por seu Estatuto. Este, em seu artigo 3º, define o objetivo da companhia:

> A pesquisa, a lavra, a refinação, o processamento, o comércio e o transporte de petróleo proveniente de poço, de xisto ou de outras rochas, de seus derivados, de gás natural e de outros hidrocarbonetos fluidos, além das atividades vinculadas à energia, podendo promover a pesquisa, o desenvolvimento, a produção, o transporte, a distribuição e a comercialização de todas as formas de energia, bem como quaisquer outras atividades correlatas ou afins.

Os Princípios Éticos (Anexo I) da companhia constituem-se em um distinto compêndio de nobres e elevados valores, pelos quais a empresa afirma ser norteada, quando diz: “Expressando a busca de coerência entre o discurso e a prática” (Princípio Ético III), este Código de Ética apresenta-se como um compromisso público do Sistema Petrobras de fazer valer estes princípios em práticas concretas cotidianas. Segundo a companhia:

> O objetivo deste Código de Ética é definir com clareza os princípios éticos que norteiam as ações do Sistema Petrobras e os compromissos de conduta do Sistema, tanto da parte institucional como da parte dos seus empregados [...], explicitando o sentido ético de sua Missão, Visão e Plano Estratégico.

Logo, percebe-se o desvelo da companhia em não apenas mostrar-se, mas ser uma empresa ética, propagando sua honradez mais que institucionalmente, mas instruindo-a a seus empregados e empregadas, o que é reforçado e pormenorizado ao longo do código, como pode ser visto em seus dois primeiros princípios:

> I. O respeito à vida e a todos os seres humanos, a integridade, a verdade, a honestidade, a justiça, a eqüidade, a lealdade institucional, a responsabilidade, o zelo, o mérito, a transparência, a legalidade, a impessoalidade, **a coerência entre o discurso e a prática**, são os princípios éticos que norteiam as ações do Sistema Petrobras;
>
> II. O respeito à vida em todas as suas formas, manifestações e situações é o **principio ético fundamental** e norteia o cuidado com a qualidade de vida, a saúde, o meio ambiente e a segurança no Sistema Petrobras (**grifo nosso**).

Quanto a suas atividades econômicas, norteando-se por atuar de forma rentável nas atividades da indústria de óleo, gás e energia, tanto no mercado nacional quanto no internacional, a maior companhia de petróleo da América Latina busca um desenvolvimento compatível com sua grandeza. Essa busca fica exposta em seu quarto princípio ético, pela atenção ao "cumprimento da sua Missão, Visão e Valores, em condutas compatíveis com a efetivação de sua Estratégia Corporativa, com espírito empreendedor e comprometido com a **superação de desafios**" (**grifo nosso**). Para isso, a Petrobras garante procurar sempre imprimir a marca de excelência em todas as suas atividades (princípio ético XI), abrangendo, para além das suas atividades comerciais referentes ao petróleo, gás e energia, as atividades estendidas aos setores social, cultural e ambiental. Como afirma o presidente da empresa, o Sr. José Sérgio Gabrielli de Azevedo:

> Alcançar padrões internacionais de excelência em segurança, meio ambiente e saúde é hoje para a Petrobras mais que um compromisso – é uma condição de negócio que queremos ver inserida em todas as etapas de nossas atividades, de modo a se consolidar definitivamente como um valor na companhia (PETROBRAS, 2005, p.3).

A aplicação destes princípios quanto às mudanças climáticas possui lastro em algumas publicações e pronunciamentos da Petrobras, conforme minudenciado no subitem 2.3.2 dessa dissertação. Na publicação 'Diretrizes de Sustentabilidade para as Atividades de Exploração e Produção da Petrobras na Amazônia' (PETROBRAS, 2006), inseridas na Macrodiretriz 'Dimensão ambiental - Energia e atmosfera' encontram-se as seguintes diretrizes gerais:

> 5. Minimizar a emissão de poluentes atmosféricos através da adoção das melhores tecnologias que sejam técnica e economicamente viáveis.
>
> 6. Mitigar **ao máximo o impacto dos poluentes atmosféricos** reduzindo a contribuição para o aquecimento global e os impactos locais ao meio ambiente (**grifo nosso**).

O ‘máximo’ a ser mitigado condiciona a feitura da quantificação do máximo, todas se possível, de emissões motivadas pela existência da empresa. Contudo, cabe a ressalva de que isso está envolto na uma discussão de méritos e limites acerca da Pegada de Carbono, abordada nos itens 2.5 e 2.6 do capítulo ‘Referencial Teórico’. Pode-se dizer que a Petrobras já iniciou esta caminhada rumo à neutralização das emissões, visto que promove, desde 2002, a contabilização as emissões dos poluentes regulados e de GEE geradas diretamente pela companhia, tendo sistematizado esse processo desde 2005. Isto porque a Petrobras é hoje uma empresa atuante e reconhecida no mercado internacional, sendo constantemente analisada e avaliada pela sociedade em geral, inclusive por potenciais acionistas e investidores de todo o mundo. Assim, “visando a atender também às demandas e expectativas desses públicos, a companhia explicita claramente a forma como gerencia os riscos e oportunidades associadas à questão da mudança climática” (PETROBRAS, 2005, p.11).

É sabido que a mudança climática global tem sido fortemente influenciada pelas emissões de GEE, particularmente as associadas à produção e utilização de energéticos e à transformação de energia. Entre os energéticos, os combustíveis fósseis – carvão, petróleo e gás natural – representam globalmente a parcela mais significativa no que diz respeito à emissão desses gases. (PETROBRAS, 2005, p.11). Assim, o papel das empresas na busca pela sustentabilidade ganha relevância na análise do setor de petróleo e gás, considerando os impactos inerentes a suas atividades. Por possuir como produtos, de extração, beneficiamento e comercialização, os mais danosos quanto às emissões de GEE, “a busca por soluções tecnológicas viáveis e equitativas deve guiar as empresas de energia nas próximas décadas”. (PETROBRAS, 2005, p.11). A empresa afirma em entrevista que:

> O desafio de gestão da Petrobras em Mudança Climática [...] é atingir patamares de excelência, na indústria de energia, quanto à redução da intensidade de emissões de gases de efeito estufa (GEE) nos processos e produtos, contribuindo para a sustentabilidade do negócio e para a mitigação da mudança climática global. Deste modo, os planos da Petrobras incluem avanços contínuos no desempenho energético das suas operações (MARCOVITCH, 2008, p.52).

De acordo com este posicionamento, o fator determinante para o fortalecimento do papel da Mudança do Clima no PE2020 é motivado pela visão da Petrobras de ser a quarta maior empresa integrada de energia do mundo, com a missão de atuar de forma segura e rentável, com responsabilidade social e ambiental, assumindo comprometimento com o desenvolvimento sustentável. O fato de a Petrobras ter começado a implementar, no início deste novo milênio, um plano de reestruturação com o objetivo de se tornar uma Empresa de Energia é mui saliente na adoção da Pegada de Carbono como Indicador de Sustentabilidade.

Por outro ponto de vista, a busca da mitigação de impactos gerados pelas emissões é também "pela minimização da exposição da Petrobras aos riscos associados à mudança climática, uma vez que as políticas de mudança do Clima já são realidade e assumem papel cada vez mais preponderante, o que resulta em impactos sobre a indústria de óleo e gás". As iniciativas da Petrobras em relação ao risco carbono[27] afetam a percepção de risco pelos investidores e podem causar impacto no valor de suas ações e no acesso ao crédito financeiro internacional. As instituições de crédito internacionais, na montagem das suas carteiras de empresas aptas a receberem crédito, e as instituições avaliadoras de investimentos estão considerando cada vez mais o risco carbono em suas análises, tais como o *Dow Jones Sustainability Index* (DJSI), a *Goldman Sachs*, o *Climate Change Governance Checklist* (CERES), o *Carbon Disclosure Project* (CDP) e a *FeC Asset Management plc* (MARCOVITCH, 2008, p.53). O dito guarda relação quanto ao exposto anteriormente no item 1.4 do presente estudo quanto à evolução da legislação e mercado face à periculosidade premente das mudanças climáticas.

Disto resultam as atuações práticas da empresa (subitem 2.3.2 desta dissertação), em que a estratégia da companhia prevê investimentos em pesquisa, desenvolvimento e demonstração de tecnologias limpas para a mitigação da mudança climática e redução do risco carbono de suas atividades, incluindo tecnologias de seqüestro de carbono. A Petrobras divulga trabalhar em conjunto com a comunidade científica e empresarial, no desenvolvimento de soluções tecnológicas viáveis que contribuam para mitigar as emissões em longo prazo e contribui com iniciativas locais, acordos nacionais e internacionais que tratam de emissões de gases efeito estufa e do controle dos poluentes regulados (PETROBRAS, 2005, p.11). "O plano é avaliar sistematicamente o risco carbono de seus negócios e implementar metodologia de avaliação do risco carbono para aprovação dos **novos projetos**" (MARCOVITCH, 2008, p.54, **grifo nosso**). A avaliação da Pegada de Carbono empresarial pode configurar-se como um novo projeto e nova metodologia de avaliação do risco carbono, caso passe pelo crivo dos gestores empresariais respectivos.

Contudo, apesar de a empresa estar (aparentemente) alicerçada em uma sólida base de princípios éticos (essencialmente resumidos no Quadro 6) e possuir as condições técnicas e éticas de assumir proativamente esse desafio de incluir a Pegada de Carbono como um Indicador de Sustentabilidade, o mesmo não se fez realidade quando da execução deste trabalho. A empresa não permitiu que fosse realizada a Pegada de Carbono de toda a unidade, limitando a quantificação das emissões a apenas alguns itens. Ainda que a precaução da companhia mereça ser considerada, ressalta-se que, pelo exposto, em se analisando os objetivos do presente estudo, podemos concluir que o mesmo está em sintonia com a política ambiental da Petrobras e poderá contribuir para ampliar a sua carteira de processos produtivos com redução de emissões.

---

[27] Possíveis impactos sobre as operações e os resultados das empresas derivados da contribuição das mesmas para o agravamento da mudança climática global pela emissão de gases de efeito estufa.

Quadro 6 - Valores essenciais contidos nos princípios éticos da Petrobras.

Princípio III -	Coerência entre o discurso e a prática
Princípio IV -	Superação de desafios
Princípio IX -	Reconhecimento e valorização dos interesses e direitos de todas as partes interessadas.
Princípio X -	Proatividade e busca pelo desenvolvimento sustentável
Princípio XI -	Busca pela excelência em qualidade, segurança, meio ambiente

Quanto aos itens utilizados para medição da Pegada de Carbono, a seleção apresentada deveu-se ao crivo da própria empresa. A empresa consentiu em fornecer os dados referentes apenas a veículos (fontes de emissões diretas) e papeis, energia elétrica e copos plásticos descartáveis consumidos (emissões indiretas), com a justificativa de que tais itens são contemplados por políticas ambientais de redução ou gestão de consumo (implantadas ou em vias de implementação), as quais serão individualmente pormenorizadas adiante. Logo, a possibilidade real foi para aferição de apenas parte da Pegada de Carbono planejada.

A obtenção de informações deu-se através do fornecimento das mesmas pela própria unidade empresarial, a qual possui um rigoroso sistema de controle e registro de informações em um banco de dados. A empresa disponibilizou os dados para os exercícios de 2008 e 2009, permitindo a comparação dois anos (para o caso de políticas de gestão já implementadas).

3.4 Quantificação da Pegada de Carbono

Como espinha dorsal para a quantificação das emissões de GEE, foram seguidos os passos metodológicos expostos pelo *Greenhouse Gas Protocol* (*GHG Protocol*), a ferramenta internacional mais utilizada para cômputo e gerenciamento de emissões de GEE. O *GHG Protocol* é fruto de uma longa parceria entre o *World Resources Institut* (WRI – Instituto de Recursos Mundiais) e *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD – Conselho Econômico Mundial para o Desenvolvimento Sustentável) (Quadro 7). O WRI e o WBCSD são organizações globais que congregam uma farta quantidade de cientistas e empresas de diversas áreas visando à formulação e adoção de melhores práticas empresariais para o desenvolvimento sustentável. São bem conhecidos por suas publicações, respeitadas coletâneas de dados e análises detalhadas em questões ambientais relevantes, sendo sua metodologia para aferição das emissões de GEE empregadas amplamente.

Quadro 7 - Passos metodológicos para inventariar emissões de GEE. Fonte: WRI e WBSCD (2003, p. 40).

- ✓ Identificar as fontes de emissão de GEE;
- ✓ Selecionar uma metodologia de cálculo para as emissões de GEE;
- ✓ Recolher dados das atividades e selecionar os fatores de emissão;
- ✓ Aplicar as ferramentas de cálculo;
- ✓ Registrar os dados de emissão de GEE.

Alguns dos passos já estão supra-explicitados, como a identificação das fontes de emissão de GEE e a forma de recolhimento dos dados das atividades. A partir de então, consoante o objetivo deste estudo, foi escolhida como ferramenta para cálculo das emissões o *software* GEMIS 4.6, por permitir o cálculo da Pegada de Carbono de atividades – integrando emissões diretas e indiretas. A validação do *software* será realizada pela comparação dos resultados aferidos pela utilização do mesmo com outras metodologias renomadas – apenas para as emissões diretas. Havendo uma compatibilidade de resultados para as emissões diretas, isso permitirá medir a confiabilidade da estimação das emissões indiretas. O funcionamento, aceitação e abrangência de uso do *software* GEMIS 4.6 estão pormenorizados no subitem 3.4.1 desta dissertação. Quanto à seleção dos fatores de emissão, o *software* GEMIS 4.6 possui uma apuração de fatores de emissão, a qual segue a metodologia IPCC. Na mensuração das emissões diretas por outras metodologias serão utilizados fatores de emissão do IPCC, índices oficiais nacionais publicados para fatores de emissões equivalentes – quando existentes, e estudos acadêmicos.

O registro dos dados de emissões é alusivo a inventários publicados ou divulgados pelas entidades que o fazem. No caso, com a aquiescência dos resultados, se deu a avaliação e interpretação dos dados, e apreciação das alternativas/medidas mitigatórias já implementadas (ou em vias de implementação) pela empresa e outras passíveis de serem adotadas. A base para tal intuito são pesquisas bibliográficas e a realidade e princípios da empresa, delineados a partir da qualificação da companhia quanto à temática das alterações climáticas. Finalmente, a estruturação dessas etapas e mais um aprofundamento em pesquisas acadêmicas servirão para a feitura de uma análise critica no azo de se validar o objetivo geral – avaliar a eficácia da Pegada de Carbono como Indicador de Sustentabilidade a ser usado na reversão/correção das alterações climáticas antropogênicas.

Quanto à mensuração propriamente, a quantificação das emissões de GEE pode ser feita segundo duas abordagens: modelo ‘de cima para baixo’ ou agregado (*topdown*) e modelo ‘de baixo para cima’ ou desagregado (*botom-up*). A metodologia agregada destina-se a aferir as emissões de GEE a partir dos dados de produção e consumo de energia (balanço energético), sem detalhamento de como essa energia é consumida. Tradicionalmente, os modelos ‘de cima pra baixo’ tendem a ter poucos detalhes sobre como a energia é consumida e não podem simular muito bem as interrelações entre

setores/atividades e a realimentação entre os incentivos econômicos (como preços, taxas de jutos e outros fatores) e as mudanças técnicas.

Já a metodologia desagregada visa a quantificar e identificar as emissões de GEE de cada fonte ou setor, como se fossem tijolos que constroem um edifício. O principal questionamento que este enfoque recebe diz respeito ao fechamento comparando-se uma com a outra, ou seja, quanto do universo total foi coberto pela amostra. Na falta dos devidos cuidados, certos efeitos podem não ser incorporados no modelo desagregado, como, por exemplo, o fato de que o aumento da eficiência energética dos automóveis tem o efeito perverso de encorajar mais viagens. A situação ideal ocorre quando os inventários *top-down* e *bottom-up* chegam ao mesmo valor, ou seja, há um fechamento de 100% (IPCC, 2006; GOLDEMBERG e LUCON, 2008), o que só é possível quando avaliadas apenas as emissões diretas.

Uma questão deveras importante na quantificação de emissões de GEE diz respeito à definição dos limites a serem quantificados. A normatização internacional ISO 14064 (ABNT, 2007), a qual trata em sua parte 1 da 'Especificação e orientação a organizações para a quantificação e elaboração de relatórios de emissões e remoções de gases de efeito estufa'[28] estabelece que fica a cargo da própria empresa/organização definir se a quantificação abrangerá apenas as emissões diretas de seus processos produtivos, ou se incluirá também as emissões indiretas – incluindo emissões derivadas da compra de eletricidade e vapores, ou ainda outras emissões indiretas – relativas às emissões da cadeia produtiva total, 'do berço ao túmulo' (incluindo transportes de materiais e pessoas, uso e destinação final). Assim, a modelagem pode ser feita em três níveis (*tiers*), os quais diferem conforme metodologia empregada, mas em geral são semelhantes:

- Nível 1 – contabiliza as emissões diretas de um setor;
- Nível 2 – inclui as emissões indiretas derivadas da compra de eletricidade e vapores;
- Nível 3 – contabiliza as emissões da cadeia de suprimentos total – do berço ao túmulo (i.e. Pegada de Carbono);

No nível 1, apenas o 'carbono usado' diretamente é levado em consideração, e nem os aspectos *downstream* ou *upstream* são considerados. A determinação das emissões no nível 1 requer o menor esforço em termos de reunião de dados e análise. Os resultados exibem apenas uma bastante limitada parte do uso de carbono, excluindo, por exemplo, o 'carbono cinza usado', que ocorre durante a produção dos produtos dos fornecedores. Em contraste, a consideração combinada dos escopos 1 e 2 inclui também o carbono usado relacionado à energia e vapor comprados. Para uma análise compreensiva do 'carbono realmente usado' por uma companhia, uma perspectiva do berço ao túmulo é importante, e as emissões diretas e indiretas devem ser distinguidas, o

[28] A norma ISO 14.064 ainda possui mais duas partes, as quais tratam, respectivamente, da 'Especificação e orientação a projetos para quantificação, monitoramento e elaboração de relatórios das reduções de emissões ou da melhoria das remoções de gases de efeito estufa' e 'Especificação e orientação para validação e verificação de declarações relativas a gases de efeito estufa'.

que caracteriza a mensuração da Pegada de Carbono – nível 3 (HOFFMANN, 2008, p.3), alicerçado na Análise do Ciclo de Vida (ACV). O uso da metodologia nível 3 justifica-se por que, para que o meio ambiente tenha capacidade de suportar aos impactos causados pelas ações antrópicas, é necessário que a ferramenta de avaliação contabilize toda a energia envolvida, e não somente parte dela, caso contrário os resultados serão subestimados. (AGOSTINHO, CAVALET e ORTEGA, 2007, p.4). A ACV deve incluir todas as atividades físico-químicas de relevância, que estejam conectadas ao suprimento/abastecimento de um serviço – de energia ou insumo. Todos os transportes relevantes, assim como a produção de materiais e produtos auxiliares, devem ser também considerados. Os impactos ambientais do abastecimento de uma carreira energética ou material resultam de todos os processos envolvidos. “Minimizar os impactos finais não fazem parar os impactos gerados até ali” (FRITSCHE, 2008, p.9).

Os inventários de emissões nos níveis 1 e 2 são construídos, basicamente, pelo somatório de emissões de GEE de cada setor, as quais podem ser aferidas pela abordagem metodológica mais simples e comum – a combinação dos dados das atividades por seus fatores de emissão (Quadro 8). Quando houver algum sistema de remoção/controle de poluentes, pode-se incluir à multiplicação a eficiência desse sistema. Essa eficiência pode ser considerada nula para efeito de cargas brutas de poluentes – o IPCC utiliza, para o CO_2, um percentual de carbono não-oxidado (i.e. que formou fuligem), em geral 1% (GOLDEMBERG e LUCON, 2008,p.116).

Quadro 8 - Equação para mensuração das emissões em nível 1 e 2.

$$E = FE \times A \times (1-ER)$$

E = Emissão do poluente; FE = Fator de emissão

A = Dado da atividade/setor; ER = Eficiência de remoção/controle de poluentes

Os fatores de emissão são coeficientes que quantificam as emissões ou remoções (emissões evitadas) por unidade de atividade. Os fatores de emissão variam segundo diferentes localizações geográficas, por variarem as características sociais, culturais, ambientais e econômicas. Por isso, recomenda-se, como ‘boa prática’, que os países usem seus próprios dados oficiais publicados, a fim de que as emissões apuradas sejam mais precisas e confiáveis (IPCC, 2006). Existem diversas publicações e bancos de dados internacionais que compilam uma gama de fatores de emissão, como o *IPCC Guidelines e Emissions Factor Database* (IPCC, 2006); o *Emission Inventory Guidebook*[29], de 2007 – promovido pela Agência Ambiental Européia (EEA – *Environmental European*

[29] http://www.eea.europa.eu/publications/EMEPCORINAIR5. Acesso em: 11 ago 2009.

Agency); o *OECD Resource Centre*[30]; o *United States Environmental Protection Agency National Emission Inventory databases*[31], gerido pela Agência de Proteção Ambiental dos EUA (EPA – *Environmental Protection Agency*); dentre outros.

Entretanto, para países em desenvolvimento, existe uma escassez de organizações científicas que possam promover estudos e construir bancos de dados dos fatores de emissão para as atividades segundo cenários e realidades próprios. Esta é uma grande limitação para a estimativa de emissões com precisão. Existe também uma escassez de estudos publicados em países em desenvolvimento, onde as emissões relacionadas à mudança no uso da terra, agricultura e pastagens são mais importantes. O caso da Austrália, país desenvolvido atípico, com significativa produção agropecuária, demonstra que a mudança no uso da terra pode contribuir significativamente para a Pegada de Carbono da agricultura (UNEP, 2010, p.50).

No Brasil, de maneira geral, o entendimento acerca da Responsabilidade Socioambiental Empresarial e governamental acerca das alterações climáticas pode ainda ser considerado incipiente. Para a maior parte dos processos e produtos, os fatores de emissão disponíveis são calculados para países desenvolvidos, apresentando, dessa forma, defasagens quanto às especificações utilizadas para inventários de emissões no Brasil. O próprio IBGE assume a existência de algumas lacunas importantes, em que seu preenchimento depende da divulgação completa do Inventário Brasileiro das Emissões Antrópicas por Fontes e Remoções pelo governo (BRANDÃO, 2008, p.19). No Brasil, dentre as dificuldades encontradas, estão a falta de material disponível em português sobre o assunto, a falta de recursos para estudos mais abrangentes e dúvidas sobre os benefícios que adviriam para as instituições envolvidas nesse processo. Outra dificuldade é o fato de a mudança do clima não ser, até o momento atual, um tema prioritário nos países em desenvolvimento, cujas prioridades referem-se ao atendimento de necessidades urgentes, nas áreas social e econômica, tais como a erradicação da pobreza, a melhoria das condições de saúde, o combate à fome, a garantia de condições dignas de moradia, entre outras (MCT, 2006a, p.11).

No Brasil, a busca e coleta de informações ainda não atingiram o nível adequado, em função do custo de obtenção e armazenamento de dados, e ainda, à baixa prioridade nas organizações da compilação e fornecimento de informações. Há, ainda, carência de legislação que obrigue as empresas a fornecer informações, em especial no que diz respeito às emissões de GEE. Por outro lado, muitas vezes, a realização de medições de emissões empresariais precisas não é compensatória para inventários de emissões de GEE particulares, devido ao custo relativamente alto da medição, sendo mais vantajoso desenvolver pesquisas que promovam a melhoria das metodologias em relação à precisão das estimativas (MCT, 2006a, p.12).

No Brasil, a única fonte oficial de informações sobre emissões de GEE é o primeiro inventário nacional que foi publicado em dezembro de 2004, com dados referentes ao período de 1990 a 1994 (BRASIL, 2004). Contudo, o país está elaborando o seu segundo inventário, a ser apresentado em março de 2011, sob título 'Inventário Nacional de

---

[30] http://217.149.50.68/main_e.cfm. Acesso em: 14 ago 2009.
[31] http://www.epa.gov/ttnchie1/ap42/. Acesso em 15 ago 2009

Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal', para os quais já existem dados preliminares (Tabela 8). A metodologia seguida é a do IPCC (1996 e 2006), e a obtenção das informações para o Inventário Nacional conta com a participação de mais de 700 especialistas e cerca de 150 entidades governamentais e não-governamentais, incluindo ministérios, institutos, universidades, centros de pesquisa e entidades setoriais da indústria (MCT, 2009, p.1). Os valores apresentados já se referem aos saldos de emissões (descontadas as remoções). Nos processos industriais estão incluídas as emissões de GEE durante o processo de mineração, estocagem, processamento e transporte de carvão mineral e durante o processo de extração, transporte e processamento de petróleo e gás natural (MCT, 2009, p.2).

Todavia, esses inventários não apresentam fatores de emissão para a realidade nacional, não possibilitando a estimativa de emissões por atividades individualizadas. Dos poucos fatores de emissão estimados no Brasil, estão aqueles publicados pelo MCT para a energia elétrica. O MCT publica dois tipos de fatores de emissão de CO_2 para energia elétrica: um para ser usado em projetos de MDL e outro para ser usado em inventários[32]. Os fatores de emissão médios de CO_2 para energia elétrica são calculados pela média das emissões da geração, levando em consideração todas as usinas que estão gerando energia e não somente aquelas que estejam funcionando na margem. Se todos os consumidores de energia elétrica do Sistema Integrado Nacional (SIN) calculassem as suas emissões multiplicando a energia consumida por esse fator de emissão, o somatório corresponderia às emissões do SIN. Nesse sentido, ele deve ser usado quando o objetivo for quantificar as emissões da energia elétrica que está sendo gerada em determinado momento, e serve, portanto, para inventários em geral (e.g. corporativos), segundo metodologia agregada.

Tabela 8 - Emissões nacionais (preliminares) de GEE. Fonte: MCT (2009, p.14).

Emissões antrópicas de GEE em tCO_2eq (já descontadas as remoções)						
Setor	**1990**	**1994**	**2000**	**2005**	**Variação % 1990/2005**	**Percentual (2005)**
Energia	214.922	256.389	328.089	362.032	68	16%
Processos industriais	26.686	28.776	34.657	37.097	39	2%
Agropecuária	346.668	378.409	401.428	487.399	41	22%
Mudança no Uso da Terra e Florestas	746.429	789.534	1.246.968	1.267.889	70	58%
Tratamento de Resíduos	27.661	31.801	40.720	48.945	77	2%
Total	**1.362.366**	**1.484.913**	**2.051.861**	**2.203.362**	**62**	**-**

[32] http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/321144.html#ancora. Acesso em 12 mai 2009.

Dessa forma, para atividades que não possuam fatores de emissão nacionais determinados, é estipulada a utilização dos fatores padrão (*default*) do IPCC para os GEE CO_2, CH_4 e N_2O, o que gera resultados imprecisos, mas considerados aceitáveis, por ser a metodologia do IPCC internacionalmente aceita e adotada para estimar os inventários de GEE. Portanto, os fatores de emissão usados ou até mesmo a própria metodologia devem ser analisados com a devida cautela, uma vez que não refletem, necessariamente, as realidades nacionais. Em muitos casos, não há pesquisa no Brasil que permita avaliar os valores apresentados ou a própria metodologia proposta, e, onde existem pesquisas, foram encontrados, em alguns casos, valores significativamente discrepantes. (MCT, 2006a, p.11).

Além das estimativas de emissões realizadas pela metodologia simples da multiplicação por fatores de emissão, outras diversas existem. Para alguns setores, as mesmas são bem pormenorizadas. No setor de óleo e gás, por exemplo, O Instituto de Petróleo Norte-Americano (API – *American Petroleum Institut*), publicou um compêndio de metodologias relacionadas às emissões das atividades de petróleo e gás (API, 2004). Existem também modelos computacionais, como o Sistema de Avaliação e Confiabilidade de Modelos e Inventários de Emissões por Transportes – ARTEMIS[33] (*Assessment and Reliability of Transport Emission Models and Inventory Systems*); o Programa Computacional para cálculo de emissões pelo Transporte Rodoviário – COPERT[34] (*Computer Programme to calculate Emissions from Road Transport*); e o SANGEA, que quando aplicado a uma refinaria chegou a resultados apenas 1% discrepantes daqueles obtidos pelo SIGEA (subitem 2.3.2 do presente estudo) – *software* empregado pela Perobras (CHAN, 2006), uma excelente concordância de valores que bendiz o uso do *software* para este fim.

Quanto à quantificação das emissões em nível 3 – Pegada de Carbono, a metodologia de somatória de emissões com uso de fatores de emissão já não é suficiente e, assim, os cálculos já apresentarão mais dificuldades para serem completados pelas empresas, porque os dados internos não serão suficientes para produzir as estimativas das emissões relacionadas – emissões externas a suas próprias operações, mas pertencentes a suas cadeias de abastecimento (MATTHEWS, 2008, p.3).

A ISO começou a desenvolver a norma internacional ISO 14067, para mensuração da Pegada de Carbono de Produtos (Parte 1 – Quantificação; Parte 2 – Comunicação) e já existe uma proposta de uma norma para a Pegada de Carbono de Organizações. Algumas outras instituições e lideranças também estão desenvolvendo metodologias. A *British Standards Institution* – BSI publicou, em 2008, uma Especificação de Avaliação Pública – PAS 2050[35], para especificar os requerimentos para avaliação do ciclo de vida de emissões de GEE de bens e serviços. O desenvolvimento dessa especificação se deu em parceria com o *Carbon Trust* e o Departamento de Meio-Ambiente, Abastecimento e Assuntos Rurais (*Department for Environment, Food and Rural Affairs*). O Ministério japonês da economia, comércio e indústria (METI – Japanese Ministry of Economy, Trade

[33] http://www.trl.co.uk/artemis/. Acesso em 19 fev 2010.
[34] http://lat.eng.auth.gr/copert/. Acesso em 23 jan 2010.
[35] http://business.carbon-label.com//. Acesso em 22 jun 2010.

and Industry) lançou um projeto piloto de Pegada de Carbono e uma especificação técnica (Princípios gerais de avaliação e rotulagem da Pegada de Carbono de Produtos - *General principles for the assessment and labelling of Carbon Footprint of Products*). Outras entidades ainda podem ser citadas, como o WBCSD e o WRI; a *UNEP Life Cycle Initiative*; o *Korean Product Based Reduction Scheme*; o Ministério de Meio-Ambiente Alemão; o Ministério de Agricultura e Florestamento Neo-Zelandês; e o *European Commission Project* com a ferramenta de mensuração da Pegada de Carbono, para o Eco-Rótulo da União Européia (FINKBEINER, 2009, p.3).

As metodologias citadas destinam-se a instruir seus usuários, pela proposição das diretrizes recomendáveis a serem seguidas na mensuração da Pegada de Carbono. Para a etapa da consecução dos cálculos (quantificação propriamente), existem instrumentos como *softwares* que congregam diversos fatores de emissão e realizam os cômputos consoante a inserção de dados. Como exemplo, há o *software* denominado Ferramenta Integrada para Análise de Emissões Ambientais – HEAT[36] (*Harmonized Emissions Analysis Tool*), desenvolvido pela instituição norte-americana Governos Locais para a Sustentabilidade (ICLEI – *Local Governments for Sustainability*). O programa é destinado a agentes municipais e estaduais e outros profissionais que atuam na área de planejamento urbano, energia e poluição atmosférica, destinado a efetuar as análises para consumo energético, transporte e resíduos. O programa já foi configurado para uso no Brasil, adequando-se aos fatores de emissão levantados pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) e publicados no Relatório de Qualidade do Ar do Estado de São Paulo (2004) e pela Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA), do Rio de Janeiro, com dados do Inventário de Fontes Emissoras de Poluentes Atmosféricos na Região Metropolitana do Rio de Janeiro - 2004.

Na quantificação da Pegada de Carbono empresarial, porém, outros fatores hão de ser considerados. A Pegada de Carbono pode ser usada para uma variedade de propósitos, e certamente o método usado para cálculo da mesma deve refletir esses diferentes usos. Assim como energias auxiliares e os processos de abastecimento causam impactos ambientais, as ACVs não podem ser calculadas simploriamente de forma linear. O mesmo aplica-se ao fato que materiais preliminarmente trabalhados também estão incluídos nas ACVs, o que estende os dados e as questões de modelagem consideravelmente: além do fluxo energético, agora o fluxo de materiais também é considerado, assim como as conexões entrem ambos. Na realidade, esses níveis estão interligados (e.g. a eletricidade para fabricação de aço vem de uma casa de força feita de aço), tanto que a análise de ciclo de vida deve pesar as interações entre todos os processos. Para uma análise de ciclo de vida factível, deve haver um suporte capaz de coletar e processar uma grande variedade de dados (incluindo variações geográficas de processos energéticos, qualidade de combustíveis, distâncias de transportes, etc) (FRITSCHE, 2006, p.3).

Por que os consumidores podem influenciar a Pegada de Carbono de bens e serviços através de suas decisões de compras, uma larga estimativa da Pegada de Carbono, incluindo a cadeia de suprimentos, é apropriada. Não obstante, a influência dos

---

[36] http://heat.iclei.org/ICLEIHEAT/portal/main.jsp?guest=guest. Acesso em 22 out 2010.

consumidores sobre sua Pegada de Carbono total e a influência dos empreendedores sobre suas cadeias de suprimentos não devem ser exageradas. Exemplificando, deveria um consumidor ser responsável pelas compras de eletricidade de um produtor de alumínio na cadeia de suprimentos da produção de um iPod? Deveria a *Apple* ser responsabilizada por essas compras e contabilizá-las como sua própria Pegada de Carbono? E quanto ao próprio produtor de alumínio? (MATTHEWS, 2008, p.3). Matthews (2008, p.3) expõe que:

> Fica claro que no caso de qualquer produto complicado, qualquer número de diferentes atores em uma cadeia de suprimentos poderiam clamar a responsabilidade pelas emissões associadas com a produção de materiais, produtos químicos, e outros bens de pouco valor agregado que são embutidos nos bens finais que chegam ao consumidor. Se é desejável atingir a contabilização do total de GEE emitidos sem haver dupla contagem, a contagem múltipla de responsabilidade é problemática.

Contudo, felizmente já foi desenvolvida uma maneira compreensiva e matematicamente consistente para prescrever o total de emissões de GEE, ou dividi-las entre os emissores – produtores e consumidores sem haver dupla contagem. São as metodologias de equações de emissões usando a Análise de Ciclo de Vida com *Inputs* e *Outputs* Econômicos (EIO-LCA – *Economic Input-Output Life Cycle Assessment*).

Mas, assim como existem problemas ao estimarmos emissões utilizando apenas os níveis metodológicos 1 e 2, também há problemas com a divisão de responsabilidades. As corporações frequentemente produzem vários produtos diferentes, que possuem, todos, diferentes cadeias de suprimentos; e repartir as responsabilidades com os fornecedores e consumidores por todos esses produtos levaria a uma angustiante tarefa de minudenciar a contabilização, mesmo quando usando amplas abordagens holísticas como EIO-LCA. Mesmo que essa questão pudesse ser superada, é improvável que muitas companhias gastassem os necessários tempo e recursos financeiros para calcular e, mais importante, compreender este tipo de Pegada. É provavelmente por isso que os primeiros protocolos de Pegada de Carbono foram escritos sob a perspectiva corporativa, e não da perspectiva do produto (MATTHEWS, 2008, p.3). Hendrickson, Lave e Matthews (2006) fazem uma adequada explanação acerca da metodologia EIO-LCA, seu funcionamento, vantagens e restrições.

A metodologia EIO-LCA estima os materiais e recursos energéticos requeridos para, e as emissões ambientais resultantes de, atividades econômicas. É, portanto, um método matematicamente definido que usa dados econômicos e ambientais para determinar os efeitos de mudanças nos *inputs* (materiais e recursos energéticos) e *outputs* (emissões e resíduos para o meio-ambiente) por setor. Exemplificadamente, para um simples produto, como um copo de papel descartável, devem ser listados o papel e cola (materiais), assim como a eletricidade ou gás natural para operar o maquinário para formar o copo – para *inputs* –, e também listar os fragmentos de papel, cola, e copos de má qualidade que se tornam resíduos – para os *outputs*.

Entretanto, para uma perspectiva mais abrangente do ciclo de vida, a mesma tarefa deve ser feita ao longo do ciclo de vida completo dos materiais usados (papel, cola) e do uso do copo. Assim, devem ser listados os *inputs* como polpa, água e tintura para se fazer o papel, as árvores e maquinário para se fazer a polpa e as práticas florestais pra crescimento e retirada das árvores. Similarmente, precisariam ser incluídos os *inputs* e *outputs* para embalagem dos copos para remessa para estocagem na loja, a viagem para a loja para compra dos copos e o resultado da disposição no lixo e eventualmente sendo aterrado ou incinerado. Assim, mesmo para um produto bem simples, esse método de ACV baseado no processo pode rapidamente espiralar em um número exageradamente opressivo de *inputs* e *outputs* a incluir. Por estes exemplos, pode-se imagine o grau de complexidade e dificuldade para se fazer o mesmo procedimento para um produto como um automóvel que possui mais de 20.000 partes individuais, ou um processo como a geração de eletricidade.

Duas questões principais surgem com esse método. Uma é a definição dos limites da análise. Um passo inicial do método é definir o que será incluído na análise e o que será excluído ou ignorado. Para o copo de papel, por exemplo, poder-se-ia excluir os impactos gerados quando da feitura do aço e manufatura do maquinário a ser usado na fabricação dos copos. Estabelecendo os limites, delimita-se o escopo do projeto e assim o tempo e esforço necessários para coletar as informações dos *inputs* e *outputs*. Embora necessários para se criar um projeto de ACV gerenciável, a definição de limites para a análise automaticamente limita os resultados e cria uma subestimativa dos verdadeiros impactos do ciclo de vida total.

A outra questão principal são os efeitos circulatórios. No nosso mundo moderno, é necessário muito das mesmas ‘coisas’ para serem produzidas outras ‘coisas’. Assim, para se fabricar os copos de papel, é necessário um maquinário de aço. Mas, para se fabricar esse maquinário, necessita-se de mais máquinas e ferramentas feitas de aço. E, para se fabricar o aço se requer outros maquinários, também feitos de aço. Efetivamente, é requerida uma completa avaliação dos ciclos de vida de materiais e processos básicos antes de se pretender completar qualquer avaliação do ciclo de vida de materiais ou processos. Completar uma ampla e robusta avaliação do ciclo de vida requer, dessa forma, muitas suposições e decisões que tornam a ACV um esforço muito complexo e consumidor de tempo. A abordagem EIO-LCA visa, justamente, a solver tas questões e simplificar as análises de emissões com base na ACV.

Os modelos EIO representam as transações monetárias entre os setores industriais de uma forma matemática. Os modelos EIO indicam que bens ou serviços (*output* de uma indústria) são consumidos por outras indústrias (usados como *input*). Como um exemplo, considere o setor industrial que de produção de automóveis. Os *inputs* para fabricação incluem os *outputs* de setores industriais que produzam folhas de metais, chapas de vidro, rodas, carpetes, assim como computadores, eletricidade e outros. Por seu turno, esses setores (folhas de metais, chapas de vidro e demais) requerem *inputs* para suas operações que são *outputs* de outro setor, e assim por diante. Cada um desses requerimentos de bens ou serviços entre os setores industriais é identificado em um modelo EIO.

Modelos EIO são geralmente apresentados em uma matriz formada onde cada linha e cada coluna representam um setor industrial, e a interseção de uma linha com uma coluna identifica o valor econômico de um *output* de um setor linha que é usado como *input* em um setor coluna. Desta forma, modelos EIO possuem duas características úteis. Primeiro, indicam se um *output* de um setor industrial é necessário como *input* apara o mesmo setor industrial (i.e. o valor ao longo da diagonal da matriz é diferente de zero). Por exemplo, a indústria de extração de óleo e gás pode produzir óleo e gás para gerarem energia elétrica para sua própria infra-estrutura. Já a indústria de *design* e manufatura de computadores produz computadores que são usados para delinear/projetar a próxima geração de computadores. Segundo, usando algumas técnicas algébricas, modelos EIO identificam os efeitos diretos, indiretos e totais das mudanças na economia. Efeitos diretos são as transações em primeiro nível, entre um setor e outros setores que supram os *outputs*. Efeitos indiretos são referentes às transações de segundo, terceiro (e assim sucessivamente) níveis ao longo de todos os setores, como resultado das transações de primeiro nível. Os efeitos totais são a soma dos diretos e indiretos.

Ao se combinar as abordagens EIO e LCA, informações ambientais (referentes a emissões) podem ser inseridas ao modelo (matriz) de EIO. Como efeito, isso cria uma coluna adicional representando o setor ambiental, e os valores em cada linha representam o *output* poluente de um setor que corresponde ao *input* ao outro setor, no âmbito ambiental. Assim, a abordagem EIO-LCA elimina as duas maiores questões da definição de limites e efeitos circulatórios de modelos baseados em processos. Primeiro, já que as transações e emissões de ‘todos’ os setores industriais associadas a todos os demais setores estão incluídas, os limites de fronteira são bem abrangentes e inclusivos. Até pequenas transações e emissões estão inclusas, (e.g. como aquelas advindas da produção de gasolina para o caminhão da seguradora que detém o contrato de seguro para o armazém de estocagem do cobre usado nas rodas de um automóvel). Segundo, como as transações do próprio setor estão incluídas, os efeitos circulatórios estão incluídos na análise.

No entanto, os fatores que fazem do método EIO-LCA uma ferramenta robusta e eficiente também limitam seu uso e geram incertezas na estimativa final de valores de Pegadas de Carbono. Primeiramente, a base de dados usada é referente ao que é publicamente disponibilizado, de forma que uma mensuração mais precisa demanda a inserção de fatores de emissão e dados por vezes indisponíveis, incompletos ou desatualizados. Além disso, das atividades ou estruturas a serem mensuradas, pode haver a dificuldade em separar/desagregar os setores de geração de emissões.

O Instituto de *Design* Verde (*The Green Design Institute*), da Universidade Carnegie Mellon possui um modelo interativo de inserção de dados que trabalha estritamente como a metodologia EIO-LCA[37]. Porém, tal metodologia só se aplica a países desenvolvidos e congrega dados desatualizados, abrangendo alguns estados norte-americanos – Pensilvânia e Virgínia (1997), Alemanha (1995), Canadá (2002) e Espanha (2002). Outros *softwares* aplicam metodologias semelhantes, adaptadas da abordagem base EIO-LCA. Um deles é o *software* Potencial da Pegada de Carbono de

---

[37] http://www.eiolca.net/. Acesso em 12 mai 2010.

Produtos, parte do método *Bilan Carbone*[38] desenvolvido pela Agência Francesa para Gestão Ambiental e Energética (*Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie*). Porém, este software apresenta algumas desvantagens, quais sejam, o fato de congregar fatores de emissão desenvolvidos para a realidade européia, requerer treinamento presencial na entidade francesa e exigir pagamento de licença para sua utilização. Já o *software* GEMIS não requer pagamento de licença, ou seja, está liberado para uso, e destina-se a ser globalmente utilizável, o que pode ser compreendido pelo detalhamento descritivo do *software*, seu funcionamento, características, restrições e vantagens.

As estimativas das Pegadas de Carbono dos itens consumidos pela unidade sede da Petrobras em Natal são apresentadas conforme os cálculos realizados por meio do *software* GEMIS 4.6. Também são apresentadas as estimativas conforme outras metodologias (e.g. IPCC) e uso de fatores de emissão encontrados na literatura e publicações, sendo estes referentes às emissões diretas daqueles itens. O propósito é permitir a comparação com os valores encontrados pelo uso do *software* GEMIS e mostrar a discrepância dos valores mensurados a depender do foco de análise – processo produtivo próprio (emissões diretas) ou ACV (emissões totais).

3.4.1 O *software* GEMIS

GEMIS é o acrônimo para *Global Emission Model for Integrated* Systems (Modelo de Emissões Globais para Sistemas Integrados). O software foi desenvolvido pelo Öko-Institut[39] (*Institute for Applied Ecology*), um instituto filantrópico de pesquisas ambientais fundado em 1977 e ligado ao desenvolvimento de ferramentas em 5 frentes ambientais, consideradas os pilares das atividades científicas, sendo elas: Energia e clima; Infra-estrutura e empreendimentos; Engenharia nuclear e segurança de recursos; Produtos sustentáveis e fluxos de materiais; e Legislação ambiental e governança. As informações aqui constantes foram coletadas dos Manuais 2007 e 2008 do *software* (FRITSCHE e SCHMIDT, 2007; 2008); do *paper* '*Comparison of Greenhouse-Gas Emissions and Abatement Cost of Nuclear and Alternative Energy Options from a Life-Cycle Perspective'* (Comparação entre as Emissões de GEE e o Abatimento do Custo da Energia Nuclear e Opções Alternativas de uma Perspectiva do Ciclo de Vida) (FRITSCHE, 2006); do sítio eletrônico[40] do programa GEMIS*;* e das informações contidas no próprio *software*.

O Öko-Institut conduz análises científicas em ciclo de vida e fluxo de materiais em diversas áreas e oferece, com o GEMIS, um banco de dados público e um modelo com os resultados congregados de diversas instituições de renome. O *software* é desenvolvido para realizar cômputos completos do ciclo de vida de processos e produtos para uma variedade de emissões (GEE, Gases de efeito local, cinzas, efluentes líquidos, metais,

[38] http://www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?sort=-1ecid=23674em=3ecatid=23678. Acesso em 14 set 2010.
[39] http://www.oeko.de/home/dok/546.php. Acesso em 14 nov 2010.
[40] http://www.gemis.de/en/index.htm. Acesso em 16 nov 2010.

etc), podendo determinar os insumos utilizados, analisar os custos financeiros e socioambientais envolvidos (*i.e.* por agregar as emissões em CO_2eq, custos, uso de terra, empregos diretos e indiretos gerados, etc) e também integrar diferentes processos, computando as compensações entre os mesmos. Assim, os diversos processos produtivos são coerentemente integrados e inseridos no banco de dados, gerando diversos dados informacionais em termos de tecnologia, emissões, custos, localização e referências metodológicas (Figura 34). Logo, o *software* possui diversas facetas de utilização, abrangendo possibilidades para análises sob os pontos de vista econômicos, sociais e ambientais.

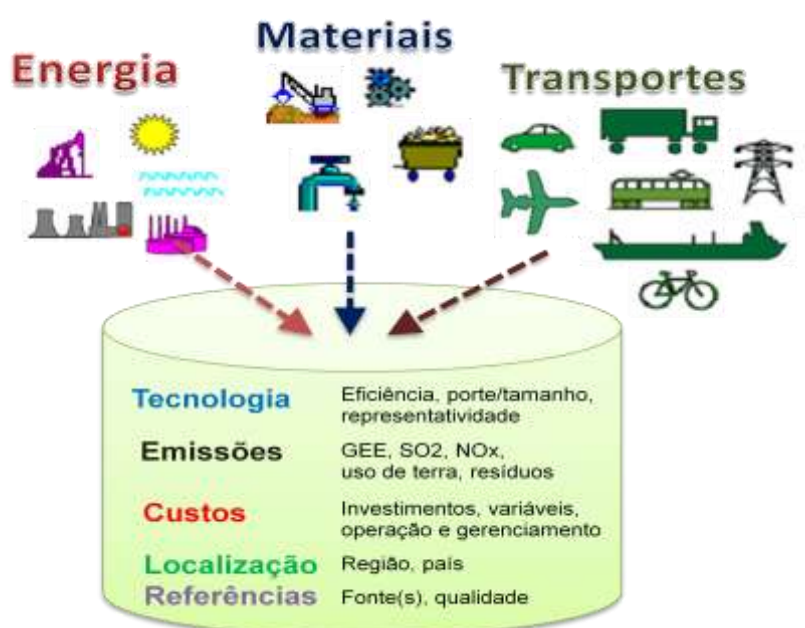



Figura 34 - Representação gráfica do banco de dados do *software* GEMIS.
Adaptado de: Fritsche (2006, p.4).

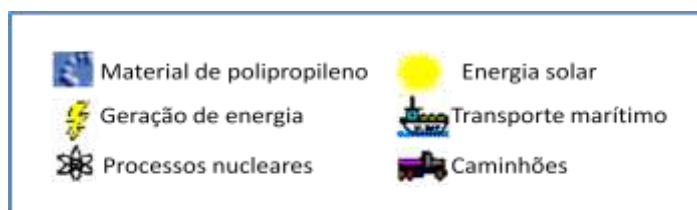
Especificamente quanto às emissões de GEE, o GEMIS reúne fatores de emissão fornecidos por instituições de renome, muitas das quais seguem a metodologia IPCC, sendo reconhecido por alguns como *software* padrão internacional para esta finalidade. A larga utilização do GEMIS pode ser referendada pelo grande número de publicações científicas que são citadas quando da busca do termo '*software* GEMIS' nas redes na internet. Como exemplo, temos a publicação *Bioenergy: New Growth for Germany* (Bioenergia: um novo crescimento para a Alemanha), do Ministério Federal Alemão para o Meio Ambiente, Proteção da Natureza e Segurança Nuclear (*Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit*).

A gama de produtos abalizados reúne insumos energéticos, minérios, produtos químicos, materiais de construção, bens de consumo intermediários e finais, dentre outros. Os processos inclusos percebem processos energéticos (segundo fonte energética e tecnologia aplicada), de extração, de aquecimento, industriais, transportes,

agropecuários, de tratamentos de resíduos e efluentes, e outros mais. Para cada processo, o banco de dados oferece informações das cadeias produtivas e dados de combustíveis utilizados. Além de processos energéticos fósseis (carvão, lignita, óleo, gás natural, gasolina, diesel, eletricidade, biocombustíveis), energias renováveis, resíduos domésticos, urânio, biomassa (e.g. madeiras de rápido crescimento) e hidrogênio também são abarcados pelo GEMIS.

O programa pode ser usado nos idiomas inglês, alemão, francês e espanhol, e, desde seu surgimento, vem recebendo constantes atualizações e expansões de seus dados. Em sua mais recente versão – 4.6, promove a inclusão de uma gama maior de dados e padrões de emissões. Existem dados dos processos para uma variedade de diferentes países, e uma série especial de dados (chamada 'genérico') referida aos países em desenvolvimento. Assim, para o estudo das variáveis inclusas, pode-se facilmente verificar se os processos de combustão condescendem com os padrões nacionais ou internacionais e filtrar o banco de dados para processos mais apropriados. Usuários podem ajustar cada ou todos os itens de acordo com suas necessidades, ou trabalhar com o banco de dados padrão fornecido pelo *software* o qual cobre mais de 8000 processos em 20 países. Uma compreensão mais clara a respeito do escopo e do *software* pode ser aquilatada pelo conhecimento dos preceitos nos quais o programa está alicerçado[41] e por seu próprio funcionamento. O *software* é bastante completo, permitindo tanto uma abordagem mais detalhada, quando do domínio pleno de todas as suas minúcias, ou uma abordagem mais abrangente, mas nem por isso menos profícua, quando se detém o conhecimento básico do mesmo.

Existem cinco portões de entrada, a saber 'Produtos', 'Processos', 'Cenários', 'Referências' e 'Padrões,' destacados em tamanho. Estes abrem as janelas arquivo (*file card windows*) – um tipo especial de janela que permite o acesso facilitado ao banco de dados. Todo registro no banco de dados GEMIS tem seu próprio nome e salva as informações nos denominados 'cartões'. Ao abrir uma janela arquivo para produtos ou processos, na parte esquerda da tela são listados os itens (processos ou produtos) em ordem alfabética. Os ícones (que precedem os nomes) e as cores dos nomes indicam a que grupo (Quadro 9), região geográfica e instância o(s) item(ns) pertence(m) (e.g. a cor laranja conclui os dados para países em desenvolvimento em geral).

Quadro 9 - Exemplos de grupos de produtos/processos do *software* GEMIS.

Na parte direita da tela, aparece, no cartão "*Info*", um sumário das informações relevantes do item (Figura 35). A figura toma por exemplo o processo de geração de

[41] Vide citações de FRITSCHE e SCHIMDT (2008; 2007) no item Pegada de Carbono.

eletricidade por usinas hidrelétricas no Brasil. Percebe-se quão variadas são as informações fornecidas, cobrindo as referências dos dados; ano e qualidade dos dados; dados operacionais e de eficiência; emissões diretas; custos detalhados; entre outros[42].

Figura 35 - Janela Processos, para o processo de 'geração de energia por hidrelétrica' no Brasil.

[42] Os recortes das telas do *software,* expressos como figuras, estão adaptados para uma melhor legibilidade, não expondo todas as informações existentes quando de sua visualização no computador.

O cartão ‘Comentário’ (*Comment*) fornece informações textuais explicativas a respeito do item selecionado (i.e. conceito, funcionamento, explicação geral, delimitação das variáveis, metodologia de avaliação, dentre outros), expressas geralmente nos idiomas alemão ou inglês. O cartão ‘Filtro’ (*Filter*) permite a busca por palavras de interesse, data de atualização dos dados, qualidade dos dados, referências, tipo de processo, tecnologia, e outros mais (Figura 36).

Figura 36 - Vizualização dos cartões *Comment* (esquerda) e *Filter* (direita).

O cartão ‘Cadeia produtiva’ (*Process chain*) mostra todos os processos *upstream* envolvidos com o item selecionado, sendo aqueles em **vermelho** relacionados aos processos supridores de energia e aqueles em **azul** relativos aos processos fornecedores de insumos/materiais (Figura 37). Assim, pode-se visualizar quais etapas da cadeia produtiva são englobadas na exposição/quantificação dos dados (e.g. fatores de emissão de GEE) do produto/processo em questão.

Figura 37 - Vizualização do cartão *Process Chain*, para o processo de fabricação papel com fibras vegetais mescladas na União Européia.

O portão ‘Referências (*References*) detalha a origem e metodologia para os dados fornecidos, citando os autores, instituições responsáveis, ano, precisão dos dados e outros. O cartão ‘Resultados’ (*Results*) fornece a opção de cálculo direto, que gera o cômputo resultante de todas as resultantes avaliadas pelo *software* – através do *menu* local pelo botão ‘*Calc*’. O cálculo direto pode ser feito para emissões (Gases de efeito local e GEE); resíduos e efluentes líquidos gerados; recursos requeridos (materiais e

energias acumuladas, uso de terra, dentre outros); dados de empregabilidade; recursos usados (ar, biomassa, minerais, água, carvão, eletricidade, e outros) (Figura 38).

Figura 38 - Parte dos itens expostos no cômputo de todas as variáveis ligadas a um produto ou processo, para 1kg de madeira fornecida ao processo de fabricação de papel com fibras vegetais mescladas na União Européia.

Os custos das externalidades contidos no banco de dados padrão do GEMIS para emissões aéreas e GEE são derivados dos custos para se evitar ou controlar tais emissões. Tal definição de critérios pode ser feita através do *menu* ‘*Extras*’, pelo comando ‘*Global switches*’. O *menu* ‘*Extras*’ ainda oferece a possibilidade de serem alteradas as unidades em que são expressos os resultados e a alocação ponderada dos resultados segundo os pesos/cargas de cada produto/processo envolvido na cadeia produtiva total. Um fator relevante deste comando é a possibilidade de serem incluídas ou não as resultantes das construções envolvidas, transportes, créditos (emissões negativas/evitadas), métodos de aferição da energia requerida acumulada (eficiência de extração dos recursos, energias primárias usadas como materiais) e tratamentos de resíduos. Por esse comando, o GEMIS ainda permite computar custos de externalidades, delimitadas como os custos ambientais que representam o valor monetário de danos (ou anulação destes) associados com emissões e resíduos sólidos.

Todos os produtos e processos (bem como suas cadeias produtivas – processos *upstream* e *dowstream* relacionados) podem ser editados quanto aos combustíveis utilizados (sólidos, líquidos e gasosos), custos envolvidos, resíduos, matérias-primas, transportes (tipos e distâncias), dados operacionais (empregados, tempo de operação, eficiência), dentre outros fatores (Figura 39). Isso permite que os produtos e processo listados possam ser adequados a diferentes realidades, quando conhecidas/verificadas as variáveis. Dessa forma, pode-se chegar a resultados precisos pela inserção de dados medidos em pesquisas/consultorias, gerando o conhecimento necessário para aplicação de melhorias (e.g. otimização de recursos), e ainda estudar possíveis cenários pela inserção de diferentes dados e comparação das resultantes finais. No tocante às emissões de GEE, podem ser inseridos os fatores de emissão padronizados nacionalmente, o que melhora a exatidão das emissões finais estimadas.

O botão ‘Cenários’ (*Scenarios)* remete à combinações de demandas (e.g. aquecimento, calor, eletricidade, transportes) com processos dos fornecedores (sistema de aquecimento, usina geradora, carro). Os cenários são, dessa maneira, uma seleção de processos que respondem a uma certa demanda por energia, materiais, serviços de transporte (pessoas, frete) e/ou tratamento de resíduos. Os cartões acima explicados (‘*Info*’, ‘C*omment*’, ‘*Filter*’, ‘*References*’, ‘*Process chain*’ e ‘*Results*’) também podem ser aplicados aos cenários, os quais, da mesma forma, podem ser editados para uma série de variáveis. O GEMIS promove cálculos de aspectos e custos ambientais para as diferentes opções de cenários, exibindo os resultados em tabelas e gráficos com os dados congregados ou desagregados, a fim de permitir a comparação entre eles.

Por conseguinte, o *software* GEMIS é uma ferramenta bastante oportuna para a estimativa e mensuração de emissões em geral e de GEE. Tanto pela respeitabilidade das instituições envolvidas com as pesquisas e fornecimento dos dados, como pela validação dada pelos diversos artigos e estudos os quais utilizam o GEMIS. Cabe ressaltar, no entanto, que o *software* também apresenta suas limitações, como qualquer ferramenta, para as quais seus criadores e responsáveis solicitam especial atenção.

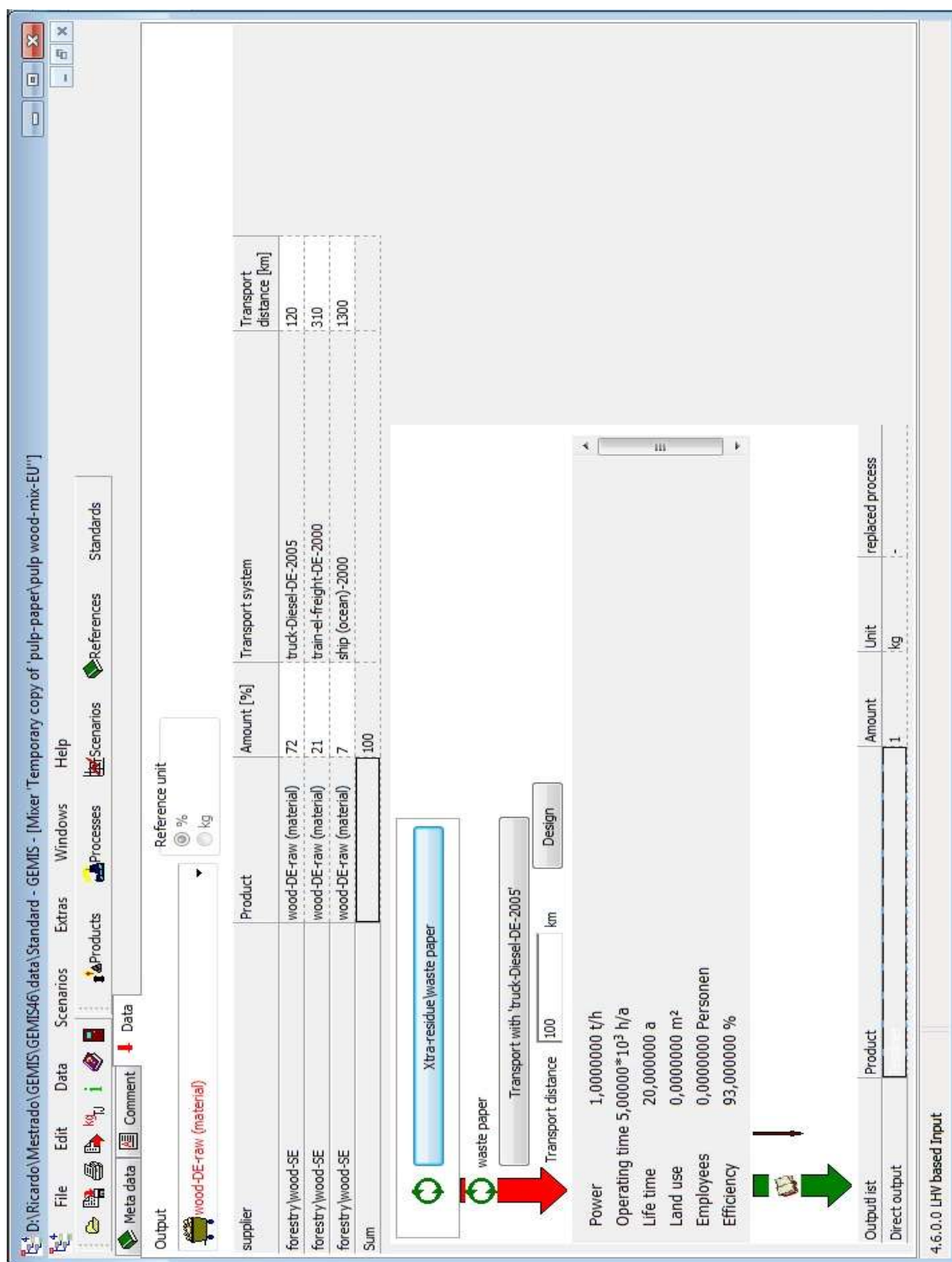



Figura 39 - Parte dos campos para edição de dados de produtos e processos.

Mesmo com todas as melhorias, atualizações e extensões, o GEMIS ainda mantém-se como o que foi proposto desde o início: uma ferramenta que facilita a coleta e modificação de dados, mas não provê sistemas inteligentes. Por um lado, o *software*

contém bastantes dados interconectados e algoritmos, mas por outro lado estes são mantidos simples e seguem, na maior parte, funções lineares. Isto não oferece nenhum prejuízo quando se usam os registros do banco de dados padrão, visto que os mesmos foram selecionados para serem utilizados em ampla variedade de aplicações.

O ponto forte do GEMIS em permitir as adaptações dos usuários é, ao mesmo tempo, um perigo. Quando se ajustam os dados, o programa confere precisamente a justeza das estruturas das cadeias produtivas, mas o conteúdo dos ajustes não pode ser checado (com exceção das mudanças de combustíveis). Comparado a versões anteriores, o GEMIS 4 já pode ajustar automaticamente os dados para materiais de construção, uso de terra e custos quando o usuário estipula a capacidade de dados do processo. Uma escala linear com limites acertados é usada para isto. O mesmo se aplica para tecnologias de controle de emissões, as quais o GEMIS 4 adapta automaticamente (capacidade, custos). Uma vez inseridos novos dados, o usuário está praticamente livre – pois o GEMIS não é artificialmente inteligente, nem conhece regras de adaptação de complexas estruturas de dados. O quanto mais um usuário defina dados corretamente, mais o GEMIS será uma ferramenta proveitosa – determinará balanços de emissões de modo adequado, visualizará resultados, e auxiliará na análise de dados incertos.

O *software* encontra-se em constante atualização e congregação de novos fatores de emissões. Alguns países/regiões já possuem um banco de dados praticamente completo e atual, como caso da União Européia. Contudo, no caso de países em desenvolvimento, apesar das inovadoras inclusões de fatores de emissões, estas são em sua maior parte relativas a países com diferentes realidades da nossa, como a Índia. Os dados dispostos para algumas nações (como o Brasil) ainda são em pequena quantidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme explicitado no subitem 2.3.2 desta dissertação, as emissões de GEE mensuradas pela Petrobras já incluem aquelas referentes às atividades de exploração, refino e transporte dos produtos brutos (petróleo e derivados, biocombustíveis e gás natural) em todas as fases do ciclo operacional: instalação, operação e descomissionamento; e ao consumo de energia elétrica e vapor de instalações industriais e administrativas (adquiridas de terceiros ou geradas na própria instalação). A medição da Pegada de Carbono da empresa abarcaria as emissões citadas e ainda as demais emissões indiretas, referentes às emissões dos ciclos de vida de materiais e energia utilizados.

Nos tópicos seguintes, estão apresentadas as estimativas da Pegada de Carbono de alguns itens da Unidade Sede da Petrobras em Natal, juntamente com as digressões teóricas e exemplificações pertinentes aos processos produtivos destes itens e relativas a possibilidades de minoração destas emissões. Cabe ressalvar que as propostas de minimização de emissões elencadas não se restringem à Petrobras, mas são de âmbito geral e que, principalmente, tais propostas devem ser prezadas segundo livre-arbítrio e julgamento de pertinência do(s) responsável(is) pelas emissões, visto não existir qualquer obrigatoriedade de mitigação das emissões apontadas.

Os itens avaliados foram os veículos automotivos (emissões diretas); e energia elétrica consumida (kW/h), papel (folhas A4) e copos plásticos descartáveis (poliestireno) (emissões indiretas), podendo-se afirmar que os mesmos podem ser considerados significativos dentre aqueles pertencentes ao setor administrativo de produção, desde que Goldemberg e Lucon (2008, p.215) asseguram que “a principal causa dos problemas ambientais decorrentes do uso de energia identificados é o uso de combustíveis fósseis na produção de eletricidade, no setor de transportes, na indústria e nos edifícios”. Como exemplo de importância, vê-se que um estudo a respeito da quantificação da Pegada de Carbono em escolas do Reino Unido (ano 2001) identificou que 74% das emissões são originárias de fontes indiretas, sendo estas o consumo de energia elétrica (22%), transporte (20%), papel (4%) e outras, estando os copos plásticos inseridos na categoria químicos (5%) (WIEDMANN, 2008, p.7).

4.1 Emissões Veiculares

As emissões de GEE veiculares serão expostas segundo três metodologias (com os devidos ajustes), utilizando-se o *software* GEMIS, a metodologia do IPCC – em suas Diretrizes para Inventários Nacionais de Gases Efeito Estufa (IPCC, 2006) – e fatores de emissão estabelecidos pelo MCT (2010) para automóveis do estado de São Paulo (MCT, 2010). As metodologias serão pormenorizadas e os resultados expostos conjuntamente, a fim de permitir um cotejamento mais facilitado. Os ajustes são relativos à inclusão dos

percentuais de etanol (25%) e biodiesel (5%) integrantes dos combustíveis gasolina e diesel utilizados no Brasil (FOLHA ONLINE, 2010; BIODIESELBR, 2010). A quantificação das emissões será referente aos veículos particulares da empresa, não sendo incluídos aqueles de prestadores de serviços e pertencentes aos empregados.

Para os três métodos, os dados mínimos a serem recolhidos são a caracterização da frota automotiva (fontes emissoras) e o consumo de combustível associado. A unidade sede da Petrobras em Natal possui uma frota automotiva própria de dez veículos, sendo 60 % desses movidos a gasolina e 40 % a diesel (Quadro 10), os quais perfazem, aproximadamente, a quilometragem anual de 75.414 km (dados de 2009). Segundo informações da empresa, a estimativa de quilometragem percorrida pelos veículos contratados pela unidade sede para prestação de serviço seria em torno de 10 vezes a distância percorrida pelos veículos próprios. Entretanto, não existe o registro real desses dados e tal estimativa é muito subjetiva para que possamos adotá-la para medição das emissões de GEE, além do que ainda teriam de ser estimadas as caracterizações dos veículos.

Quadro 10 - Frota de veículos próprios da Unidade sede da Petrobras em Natal.

Nome	**Marca**	**Ano de fabricação**	**Combustível**
Logan	Renault	2009	Flex[a]
Clio sedan	Renault	2009	Flex[a]
Van *master*	Renault	2009	Diesel
Van *master*	Renault	2009	Diesel
Pick-up 4x4 Hilux	Toyota	2009	Diesel
Pick-up 4x4 S10	Chevrolet	2009	Diesel
Fusion	Ford	2009	Gasolina
Parati	Volkswagem	2009	Flex[a]
Zafira	Chevrolet	2009	Gasolina
Doblo	Fiat	2009	Gasolina

[a] Os veículos *flex* utilizam apenas gasolina como combustível.

Embora a unidade sede da Petrobras em Manaus (pertencente à UO-AM) possua um acompanhamento minucioso da quilometragem percorrida e consumo de combustível por veículo, tal procedimento não é padronizado nacionalmente na empresa. A unidade sede de Natal apenas contabiliza a quilometragem percorrida total, o que poderia ser

apontado como uma limitação para a acuracia dos dados apresentados. Logo, o valor da quilometragem total foi dividido equanimente entre os veículos, sendo 45.248,33km (60%), para veículos a gasolina, e 30.165,55km (40%), para veículos a diesel.

Havendo a disponibilidade de quilometragem percorrida e rendimento do motor por veículo, as emissões poderiam ser contabilizadas para cada veículo e somadas ao final. Além disso, esses dados permitiriam o uso da metodologia do IPCC nível 2. Todavia, a metodologia utilizada (nível 1) e os resultados expressos, se carentes de elevada precisão, são ainda considerados como representativos pelo IPCC. Além disso, a própria demonstração da metodologia de aferição das emissões e discussão acerca da pertinência dos resultados, estritamente, já são válidas por suscitar o ímpeto em se querer estimar e reduzir as emissões de GEE em futuros estudos e programas de gestão ambiental, os quais podem solver as limitações e apreender maior nível de precisão em seus termos.

Para a mensuração das emissões através do GEMIS e IPCC, o passo seguinte é o cálculo das energias produzidas pela combustão dos energéticos, obtidas pela multiplicação do trabalho realizado *versus* consumo de combustível pelos veículos. Por sua vez, o trabalho realizado pela combustão (poder calorífico) compõe-se da multiplicação da capacidade calorífica do combustível *versus* sua densidade específica. No cálculo do trabalho realizado seria também incluído o valor referente à quantidade de carbono não-oxidado, porém, como a metodologia nível 1 do IPCC prevê uma oxidação de 100% do carbono contido no combustível, essa variável é desconsiderada. Por fim, esses dados são inseridos no programa GEMIS, para geração dos fatores de emissão a serem utilizados ou, no caso da metodologia IPCC, multiplicados pelos fatores de emissão fornecidos pelo IPCC. O entendimento desta metodologia pode ser mnemonicamente facilitado pelo resumo da mesma em equações (Quadro 11).

Quadro 11 - Equações para cálculo de emissões de GEE por combustíveis fósseis em veículos automotivos para metodologia aplicada pelo GEMIS e IPCC (2006) em nível 1.

Emissões (Kg) = Energia produzida (TJ) *x* Fatores de Emissão (Kg/TJ)

Energia Produzida (TJ) = [Poder calorífico inferior (MJ/m³) x Consumo (m³)] / 10^6

Poder calorífico (MJ/m³) = [Capacidade calorífica (J/Kg) x Densidade específica (Kg/m³)] / 10^6

De forma a prover as informações necessárias em concordância com a realidade nacional, buscamos publicações recentes e pertinentes para a coleta dos valores das especificações de densidade específica, capacidade calorífica e poder calorífico dos combustíveis (Tabela 9).

Tabela 9 - Propriedades dos energéticos. Fontes: MME (2008); BARBOSA (2008).

	Gasolina	Etanol	Diesel	Biodiesel	Unidade
1) Densidade Específica [(a)]:	740	791	840	896 [(b)]	kg/m³
2) Capacidade Calorífica [(a)]:	10.400	6.750	10.100	7.652 [(b)]	kcal/Kg
3) Equivalência J/kcal:	4.190	4.190	4.190	4.190	J/kcal
4) Poder Calorífico inferior: [4 = (3 x 2 x 1) / 10^6]	32.246,24	22.371,46	35.547,96	28.727,44	MJ/m³

[(a)] MME, 2008.
[(b)] BARBOSA, 2008.

Conforme exposto, os poderes caloríficos dos combustíveis devem ser multiplicados pelo consumo destes, gerando a energia produzida. O consumo foi obtido pela multiplicação da quilometragem percorrida pelos rendimentos (km/L) dos veículos (Tabela 10). Os rendimentos utilizados foram os sugeridos pelo IPCC (2006), por que da ausência desta informação e supondo-se uma equivalência de rendimentos entre os motores, condizentes com rendimentos médios observados para veículos novos – 10 km/L para gasolina e diesel; e 9 km/L para etanol. Por falta de dados, foi estimado o mesmo valor de rendimento do diesel para o biodiesel.

Tabela 10 – Quilometragem, consumo e energia produzida pela frota de veículos próprios.

Energético		Quilometragem (km)	Consumo (L)	Consumo (m^3)	Energia Produzida (MJ)
Gasolina*	Gasolina (75%)	33.936,25	3.393,63	3,39	109.313,94
	Etanol (25%)	11.312,08	1.256,90	1,26	28.187,46
Diesel*	Diesel (95%)	28.657,27	2.865,73	2,87	102.022,75
	Biodiesel (5%)	1.508,28	150,83	0,15	4.309,05
	Gasolina + Diesel*				**243.833,21**
	Gasolina (100%)	45.248,33	4.524,83	4,52	149.945,02
	Diesel (100%)	30.165,55	3.016,55	3,02	107.354,84
	Gasolina + Diesel**				**253.106,88**

* Com a inclusão dos percentuais de adição de 25% para o etanol e 5% para o biodiesel na mistura.
** Puros, sem contar com a inclusão do Etanol e Biodiesel.

Com os dados especificados, já se pode aferir as emissões de GEE veiculares utilizando-se o *software* GEMIS. A expressão dos resultados pela metodologia IPCC

demanda a multiplicação da energia produzida pelos fatores de emissão aferidos pelo órgão (Tabela 11). Já os fatores de emissão estimados pelo MCT (Tabela 11), mensurados apenas para o CO_2, podem ser multiplicados pelo consumo dos veículos. No caso do fator de emissão do CO_2 para o etanol, o MCT considera que as emissões são nulas por serem advindas do carbono previamente capturado pela biomassa respectiva (cana-de-açúcar).

Tabela 11 – Fatores de emissão dos GEE para veículos leves conforme tipos de combustível. Fontes: IPCC (2006); MCT (2010).

	Energéticos	**Fatores de emissão**	
		IPCC[a] (kg/TJ)	**MCT ($kgCO_2/L$)**
CO_2	Gasolina	69.300	2,289
	Etanol	70.800	0
	Diesel	74.100	2,617
	Biodiesel	70.800	na
	GNV	56.100	0,458
CH_4	Gasolina	33	
	Etanol (Brasil)	18	
	Diesel	3,9	
	Biodiesel	na	
	GNV	92	
N_2O	Gasolina	3,2	
	Etanol (Brasil)	na	
	Diesel	3,9	
	Biodiesel	na	
	GNV	3	

[a] Intervalo de confiança de 95%.
na = não aferido

Finalmente, os resultados calculados (Tabela 12) possibilitam algumas ponderações. Inicialmente, nota-se que é significativa a redução de emissões pelo uso dos biocombustíveis etanol e biodiesel misturados à gasolina e ao diesel (nas proporções de 25% e 5%, respectivamente). Estas emissões são 14,24% menores (GEMIS 4.6) quando comparadas às emissões em CO_2eq dos combustíveis gasolina e diesel puros (sem adição de biocombustíveis). Quanto à indisponibilidade de alguns índices, a solução mais propícia é a desconsideração do percentual do combustível (etanol ou biodiesel) para a quantificação específica de determinado GEE. Esta é a razão pela qual os

resultados da energia produzida foram aferidos em ambas as maneiras, integralizando ou não o etanol e o biodiesel.

A aferição dos resultados das estimativas das emissões segundo as três metodologias (Tabela 12) instiga o cotejamento dos valores e tessitura de interpretações. Percebe-se que, levando-se em conta a inclusão dos biocombustíveis, as menores emissões estimadas derivam do programa GEMIS. Já na hipótese de não haver a mistura de biocombustíveis, a estimativa das emissões resulta em que as maiores emissões derivam do programa GEMIS. Contudo, antes de se delinear qualquer interpretação, é imprescindível conhecer algumas considerações a respeito de fatores e variáveis adotados pelas metodologias.

Tabela 12 - Estimativas de emissões de GEE dos veículos da unidade sede da Petrobras em Natal, segundo uso do *software* GEMIS 4.6, da metodologia IPCC e fatores de emissão do MCT.

GEE	Energéticos	Emissões (kg)		
		GEMIS 4.6	IPCC	MCT
CO_2	Gasolina	8.019,81	7.575,46	10.357,34
	Etanol	8,84	1.995,67	-
	Diesel	7.889,20	7.559,89	7.893,71
	Biodiesel	-	305,08	-
	Total	**15.917,85**	**17.436,10**	**18.251,05**
CH_4	Gasolina	0,22	3,61	
	Etanol	0,08	0,51	
	Diesel	0,05	0,42	
	Biodiesel	-	-	
	Total	**0,35**	**4,53**	
N_2O	Gasolina	0,08	0,47	
	Etanol	0,03	-	
	Diesel	0,27	0,42	
	Biodiesel	-	-	
	Total	**0,38**	**0,89**	
CO_2eq	Gasolina	8.050,00	9.803,82	
	Diesel	7.970,66	7.998,53	
	TOTAL	**16.039,74**	**17.802,35**	
	Gasolina pura	10.733,34	10.350,35	
	Diesel puro	7.970,66	8.088,98	
	TOTAL	**18.704,00**	**18.439,34**	

No caso do *software* GEMIS 4.6, as emissões são para dados de veículos na Alemanha com tecnologia estimada para o ano de 2010, por não haver a disponibilidade de estimativa para a realidade nacional e a Alemanha ser o único país para o qual existe a metodologia para 2010, mais próxima dos veículos utilizados nesse estudo. Estas emissões são contabilizadas desde o processamento do óleo cru nas refinarias (alemãs). Contudo, não estão inclusos o processo de extração do óleo, transporte deste às refinarias e o transporte dos combustíveis finais aos postos de abastecimento, o que resultaria em uma quantidade significativa de emissões. Vê-se que as emissões de CO_2 são um pouco mais superiores às emissões diretas dos combustíveis prontos para uso (IPCC e MCT). Isto por dois motivos: a eficácia da tecnologia moderna de refino, que evita emissões fugitivas significativamente; e transporte dos produtos intermediários e finais por oleodutos (no caso da Alemanha), o que torna praticamente nulas as emissões por transporte. O *software* permite a inclusão das emissões referentes aos transportes, mas com a inclusão das distâncias percorridas e caracterização do modal utilizado[43] (outros fatores ainda podem ser inclusos, como o uso de terra – área, na contabilização de emissões indiretas).

Para o etanol, vê-se que as emissões aferidas com o GEMIS são bem inferiores às aferidas pelo IPCC. Isto é devido justamente à contabilização do sequestro de carbono realizado pelas culturas fonte dos biocombustíveis. Os fatores de emissão do IPCC são superiores pelo fato de contabilizarem somente as emissões diretas. O MCT assume que a compensação é total, estipulando fator de emissão nulo para o etanol. Já o GEMIS admite que a quantidade de CO_2 emitida é superior àquela seqüestrada. Infelizmente, o GEMIS ainda não disponibiliza metodologia de aferição de emissões para o biodiesel.

Quanto à metodologia IPCC, a fundamentação procedimental é a mesma desde 1996 (IPCC, 1996), sendo que os fatores de emissão agora assumem completa oxidação do combustível (a fim de haver consistência com a metodologia para aferição das emissões estacionárias), o que traz a desvantagem de os fatores de emissão estarem estipulados para uma tecnologia veicular já defasada (mesmo que possa não ser tão considerável), ocasionando sobre-estimativa dos valores de emissões. Essa questão da defasagem tecnológica deve merece uma avaliação mais precisa, pois ao mesmo tempo em que os veículos têm ao longo do tempo melhorado sua tecnologia, especialmente na emissão de poluentes, os ganhos de eficiência energética são frequentemente compensados por aumentos em seu tamanho e peso, no chamado efeito-rebote (*rebound effect*). Como exemplo, um veículo *VolksWagen* Gol pesava cerca de 700kg em 1986 e pesa mais de 1000kg em 2006. (GOLDEMBERG e LUCON, 2008, p.252).

Um aspecto bem positivo da metodologia IPCC é que os fatores de emissão para os biocombustíveis etanol e biodiesel foram aferidos por estudos nacionais, provenientes da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB e do pesquisador Vanderlei Borsari (CETESB, 2004[44]; 2005[45] e BORSARI[46], 2005 *apud* IPCC, 2006). A utilização dos

---

[43] Para o presente estudo, a coleta de tais dados foi considerada inviável.

[44] CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Relatório de Qualidade do Ar 2003. São Paulo, 2004.

[45] CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Comunicação Pessoal com Oswaldo Lucon. Divisão de fontes móveis. Informações baseadas em medições conduzidas por Renato Linke, Vanderlei Borsari and Marcelo Bales. Parcialmente publicado. São Paulo, 2005.

fatores de emissão do MCT possui a vantagem de serem estimados para a realidade nacional (estado de São Paulo). Contudo, as emissões também são sobre-estimadas devido os fatores serem aferidos segundo caracterização média dos veículos da RMSP, a qual difere da caracterização dos veículos da unidade sede da Petrobras em Natal.

Por fim, depreende-se que, apesar de nenhuma das metodologias poderem representar fielmente as emissões derivadas dos veículos da unidade – por diferenças de metodologias e padronizações, os valores estimados para as emissões de GEE veiculares são próximas numericamente. Por sua vez, as emissões avaliadas segundo o *software* GEMIS 4.6 são pouco divergentes pelo fato de as etapas da cadeia produtiva contabilizadas não produzirem emissões significativas, para as tecnologias e realidade consideradas.

Além da mensuração das emissões importa também examinar as medidas e alternativas possíveis para mitigação das mesmas, apresentadas nos itens 2.2 e 2.5 do presente trabalho. Como sumariamente exposto no subitem 2.3.2 desta dissertação, a Petrobras já participa de diversas ações relacionadas às alternativas mencionadas, seja apoiando, firmando cooperações com órgãos governamentais, financiando e promovendo pesquisas ou implantando ações práticas internas. Desta feita, a quantificação da Pegada de Carbono das emissões veiculares, se estendida a mais unidades e setores da empresa e incluídas mais informações referentes aos transportes efetuados entre as etapas da cadeia produtiva, poderia encontrar terreno fértil para ser entendida como indicador de sustentabilidade a servir de base para tomada de decisões e implantação de ações inerentes à empresa e à cadeia produtiva.

4.2 Energia Elétrica

Para a realidade brasileira, o fato de a maior parte da energia elétrica ser proveniente de hidrelétricas já contribui para que as emissões oriundas desse setor sejam diminuídas quando comparado o país a países desenvolvidos (principalmente europeus). Segundo o mais recente Balanço Energético nacional – BEN (EPE, 2009, p.20), o Brasil possui 85,4% da geração de energia elétrica originários de fontes renováveis, sendo 80,0% advindos de usinas hidrelétricas. Para o Nordeste, estritamente, este percentual situa-se muito próximo a 100% em termos de energia comercial, facilitando a quantificação das emissões pela utilização de um único fator de emissão (i.e. hidrelétricas). As usinas hidrelétricas durante a geração não produzem poluentes associados aos combustíveis fósseis, exceto o CH_4 – gerado pela decomposição da matéria orgânica remanescente sob a área inundada dos reservatórios. Todavia, em se computando todo seu ciclo de vida, há emissões de GEE nas fases de construção e descomissionamento (GOLDEMBERG e LUCON, 2008, p.181).

---

[46] Borsari, V.. As emissões veiculares e os gases de efeito estufa. SAE - Brazilian Society of Automotive Engineers. 2005.

A previsão para o total de emissões de CO_2 pelo sistema energético mundial chega a 42,3 bilhões de toneladas em 2030, com crescimento anual médio de 1,7% no período de 2005 a 2030. Tais emissões apresentam projeção de taxa de crescimento superior ao crescimento da demanda de energia (1,6%), representando aumento na participação de fontes fósseis na matriz energética mundial. Para o Brasil, a taxa de crescimento projetada de 2,3% é superior à mundial, sendo o valor previsto, para 2030, igual a 693 $MtCO_2$ (contra 356 $MtCO_2$ em 2005). Mesmo assim, o Brasil ainda continuaria com um indicador favorável em relação ao restante do mundo, com 1,62 tCO_2/tep[47] em 2030, enquanto a média mundial seria de 2,46 tCO_2/tep. O conjunto dos países não-OECD emitiria, em 2030, uma média de 2,60 tCO_2/tep (EPE, 2008, p.141). Porém, ainda que aquém dos valores de emissões de outros países, as emissões projetadas ainda são muito altas em se almejando a reversão das mudanças climáticas.

Venturosamente, já existem índices nacionais para os fatores de emissões de hidrelétricas, estimados pelo MCT (2002; 2008), com base na metodologia da UNFCCC (ACM0002) apropriada para sistemas hidrelétricos. Estes, porém, contabilizam apenas as emissões diretas procedentes da geração de energia, para a qual as emissões são mínimas, como supracitado. Já os fatores de emissões fornecidos pelo *software* GEMIS 4.6, baseados na metodologia específica para as hidrelétricas brasileiras, integram as emissões diretas e indiretas de todo o ciclo de vida das usinas hidrelétricas (desde o desmatamento da área a ser construída a usina a sua construção e desmobilização, diluídas as emissões pela vida útil projetada da mesma), e, logo, são bem maiores (Tabela 13).

Tabela 13 - Fatores de emissão para energia elétrica oriunda de usinas hidrelétricas, segundo software GEMIS 4.6 e fatores de emissão do MCT e UNFCCC.

	GEMIS 4.6 (t/TJ)	**MCT (t/TJ)**	**UNFCCC (t/TJ)**
CO_2eq	177,203	8,139	32,778
CO_2	90,793		
CH_4	3,756		
N_2O	$10{,}29 \times 10^{-3}$		

A disparidade observadas entre os índices do MCT e da metodologia UNFCCC deve-se ao lapso de tempo (6 anos) em que os fatores foram estimados, comprovando que a atualidade dos índices de emissão dos GEE é uma outra variável importante na estimativa do inventário de emissões dos GEE. Em se fazendo a multiplicação dos fatores

[47] A tonelada equivalente de petróleo (tep) é uma unidade de energia definida como o calor liberado na combustão de uma tonelada de petróleo cru, aproximadamente 42 gigajoules.

de emissão pelo consumo energético da unidade sede da Petrobras em Natal, chega-se aos valores de emissões de GEE derivados do uso de energia elétrica (Tabela 14).

Tabela 14 - Emissões de GEE provenientes do consumo de energia elétrica, segundo software GEMIS 4.6 e fatores de emissão do MCT e UNFCCC.

	GEMIS 4.6 (IPCC, 2001)				MCT	UNFCCC
	CO_2 (t)	CH_4 (t)	N_2O (kg)	CO_2eq (t)	CO_2eq (t)	
2008	1.972,57	81,59	2,24	3.849,90	176,83	712,13
2009	1.933,12	79,96	2,19	3.772,90	173,29	697,89

Vê-se que os valores estimados pelo programa GEMIS são bem superiores aos demais, justamente pela consideração de toda a cadeia produtiva da energia elétrica consumida. Conforme relatado no subitem 2.3.2 desta dissertação, a empresa já faz a contabilização das emissões diretas resultantes da energia elétrica usada e comprada de terceiros. Com base nestas, a companhia já implementa algumas ações para redução do consumo energético e implantação de alternativas, conforme anteriormente relatado. Mas, avaliando-se as emissões indiretas ligadas à energia consumida, nota-se que o volume de emissões referentes à existência daquela pequena parcela de energia utilizada é bastante significativo. Ao analisarmos os valores expressos, percebemos que de 2008 para 2009 houve uma ligeira redução das emissões, refletindo uma leve redução no consumo de energia, causado por sua vez por pequenas ações da unidade neste sentido.

4.3 Papel *Offset*

Quanto ao papel consumido na unidade, comparamos as emissões dos exercícios de 2008 e 2009, quando houve a implementação de uma política que instituiu a substituição do papel branco por papel reciclado e a utilização de ambos os lados da folha de papel em todas as aplicações possíveis. Tais medidas somente não são aplicáveis a algumas exceções como relatórios, em que não é permitido o uso do verso, e impressão de gráficos coloridos, em que as cores não possuem nitidez suficiente quando impressas em papel reciclado. Na unidade sede da Petrobras em Natal, houve uma diminuição no uso de papéis de 7.346 folhas *per capita* em 2008 para 5.142 folhas *per capita* em 2009, equivalendo a uma redução de 30% do uso de papel, sendo que, em 2009, do total de papel consumido, apenas 40,25% foram papéis brancos, ou seja, 59,75% foram papéis reciclados.

A aceitação do papel reciclado é crescente, especialmente no mercado corporativo. Já são muitas as empresas brasileiras que, conscientes da necessidade de preservação ambiental, passaram a adotar o papel reciclado. A reciclagem é uma alternativa que reduz, em curto prazo, as emissões de GEE. Antunes (2001), através de revisão bibliográfica, encontrou que o papel reciclado emite 74-75% menos emissões atmosféricas. Além disso, entre suas vantagens, pode-se destacar a diminuição da poluição do solo, água e ar, redução de proliferação de doenças, prolongamento da vida útil dos aterros sanitários e geração de renda com inclusão social.

Para a mensuração das emissões de GEE relacionadas ao papel de ofício utilizado em escritório, o GEMIS possui uma metodologia que abrange a cadeia produtiva desde a retirada da biomassa vegetal, passando pelos transportes às madeireiras e indústrias ao produto final (Figura 40), não incluindo somente o transporte do produto final às lojas de atacado e varejo. Contudo, tal metodologia é específica para a realidade européia e o ano de 2000. Caso se deseje fazer um estudo mais apurado, o GEMIS permite que os dados de cada etapa sejam alterados (e.g. distâncias, meios de transporte, volumes de insumos e energia).

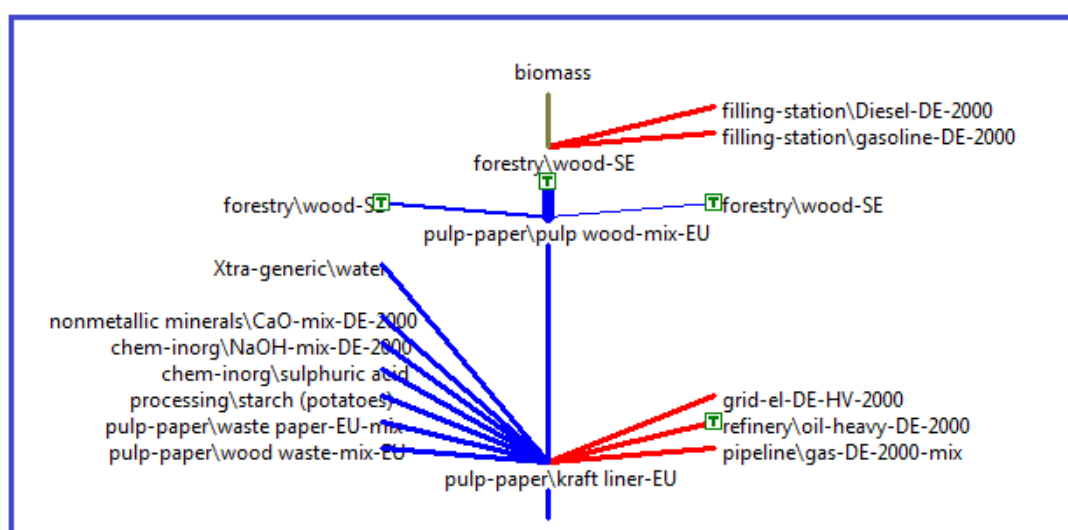



Figura 40 - Etapas da cadeia produtiva do papel *offset* abrangidas pelo GEMIS 4.6.

Felizmente, para este item existe o estudo de Galdiano (2006), o qual mensurou todos os *inputs* e *outputs* relacionados à cadeia produtiva do papel *offset* na perspectiva ‘do berço ao portão da fábrica’ (ANEXO III), similarmente à fronteira de estudo designada pela metodologia adotada no *software* GEMIS. Dessa forma, o autor quantificou os fatores de emissão dos GEE relativos à Pegada de Carbono do papel *offset* na realidade brasileira, contabilizando inclusive emissões relativas a transporte marítimo de substâncias químicas utilizadas no processo, estando excluído apenas o transporte do produto final, da fábrica ao atacado e varejo. Foi também encontrado o fator de emissão

para o CO_2, estimado pelo MCT (2010) para o estado de São Paulo. Tal fator, porém, diz respeito somente às emissões diretas do processo de fabricação do papel, mas será exposto a título de comparação (Tabela 15). Vê-se que os índices estipulados pelo programa GEMIS e pelo estudo de Galdiano (2006) são numericamente superiores ao estimado pelo MCT, justamente pela contabilização das emissões de quase toda a cadeia produtiva.

Tabela 15 - Fatores de emissão para o papel offset. Fontes: GEMIS4.6 (emissões diretas e indiretas), MCT (2010) e Galdiano (2004) (emissões diretas).

GEE	Fatores de emissão (kg/tonelada de papel)		
	GEMIS 4.6	**GALDIANO (2006)**	**MCT (2010)**
CO_2	784,43	640,48	307,9
CH_4	1,01	0,23	
N_2O	$16,66 \times 10^{-3}$	$45,75 \times 10^{-3}$	

Quanto ao papel reciclado, o software GEMIS disponibiliza dados apenas para processos europeus, os quais são neutros em emissões de GEE, tanto por aplicação de tecnologias avançadas como por atividades de compensação, conforme os comentários existentes no programa. Desse modo, utilizou-se a estimativa indicada por Antunes (2001) de 75% de redução das emissões de GEE para o papel reciclado em relação ao papel branco. Por fim, através da multiplicação dos fatores de emissão expostos pelos dados do papel consumido nos períodos, chega-se às emissões de GEE por tonelada de papel consumida (Tabela 16).

Tabela 16 - Emissões de GEE (kg) relativas ao consumo de papel na unidade para 2008 e 2009, segundo fatores de emissão estimados por Galdiano (2006), software GEMIS 4.6 e MCT (2010).

	GALDIANO (2006)				GEMIS 4.6	MCT (2010)
	CO_2 (kg)	**CH_4 (kg)**	**N_2O (kg)**	**CO_2eq (kg)**	**CO_2eq (kg)**	
2008	31.444,71	49,76	0,82	**32.831,25**	39.898,55	15.116,52
2009	13.920,64	22,03	0,36	**14.534,46**	15.412,89	6.692,11

A análise dos dados permite visualizar que as emissões de GEE quando contabilizadas ao longo do ciclo de vida do papel equivalem a mais que o dobro das emissões diretas relativas à transformação da matéria-prima beneficiada em produto final.

Portanto, as reais emissões decorrentes causadas pela existência do consumo do papel referido, e logo a influência que esta atividade causa nas mudanças climáticas, são bem superiores às emissões contabilizadas na maioria dos inventários empresariais, os quais delimitam a fronteira de mensuração apenas às emissões diretas.

Pode-se perceber também a significância das medidas adotadas pela unidade sede da Petrobras em Natal – impressão na frente e verso dos papéis e adoção do papel reciclado. Se considerados os índices de Galdiano, tais medidas resultaram em um excelente resultado, de redução de 56% das emissões de GEE – referentes a este item, em apenas um ano. Além do ganho ambiental, na questão das alterações climáticas e outros aspectos (geração de resíduos, consumo de água e energia, dentre outras), houve um ganho econômico para a unidade, pela redução da quantidade de papel adquirida, caracterizando-se como um bom exemplo de prática que atende ambas as dimensões.

Na aferição dos cálculos das emissões de GEE respectivas, uma opção para se totalizar a Pegada de Carbono do papel de escritório na unidade sede da Petrobras em Natal é promover a mensuração das emissões resultantes do transporte final do papel, da fábrica à unidade. Através dos dados da localização da indústria fabricante do papel (contidos na embalagem do papel utilizado na empresa), aferimos que a distância desta à unidade corresponde a 2.246km. Apesar de conhecermos os dados do transporte utilizado, algumas considerações nos permitem formar uma idéia aproximada das emissões referentes a esta etapa do ciclo de vida do papel *offset* na realidade nacional.

O GEMIS 4.6 disponibiliza metodologias próprias para fretamentos por caminhões com base na realidade de países em desenvolvimento. Existem metodologias para diferentes veículos segundo a massa de carga transportada (i.e. 9t, 18t, 40t, etc), combustível e tecnologia de controle de emissões. Apesar de as metodologias terem sido desenvolvidas para o ano de 1995, os fatores de emissão de GEE podem ser alterados para valores mais atuais. Consideramos o transporte por caminhão a diesel, com capacidade para transporte de 18t e sem tecnologia de controle de emissões. Adotando-se os fatores de emissão de GEE do IPCC e corrigindo-se para a devida proporção da carga transportada (toneladas de papel utilizadas pela unidade em cada exercício), os valores da Pegada de Carbono para o item papel (*offset*) nos anos de 2008 e 2009 podem ser aferidos (Tabela 17). Nota-se que as emissões dessa etapa, por serem derivadas de transportes, são deveras significativas, resultando em um incremento de 12% no valor das emissões anteriormente estimado.

Tabela 17 - Pegada de Carbono da unidade sede da Petrobras em Natal referente ao papel consumido.

Emissões	**CO_2eq (kg)**	
	2008	**2009**
Do berço ao portão da fábrica	32.831,25	14.534,46
Do portão da fábrica ao consumo	4.098,13	1.583,12
Total	**36.929,38**	**16.117,56**

Ainda assim, a aferição da Pegada de Carbono completa do papel consumido na unidade ainda não está completa, haja vista faltar a contabilização das emissões referentes à última etapa do ciclo de vida deste item, que é o descarte, na qual estariam envolvidas basicamente as emissões referentes ao transporte correlato. Porém seria necessário conhecer o destino dado a estes resíduos, se enviados ao aterro sanitário de Natal ou encaminhados à reciclagem, para caracterização do transporte a ser utilizado e, no caso da reciclagem, as emissões a serem evitadas. A empresa promove a coleta dos papeis utilizados para destinação destes resíduos a cooperativas de catadores, auxiliando indiretamente na reciclagem. Nesse caso, seriam nulas as emissões por transporte nessa etapa, podendo sim haver uma melhoria no saldo entre GEE emitidos e emissões evitadas. Para tal determinação, no entanto, seria necessário quantificar o montante dos resíduos de papéis repassados aos catadores e confirmar sua destinação à reciclagem.

4.4 Copos Plásticos Descartáveis

A aferição da Pegada de Carbono dos copos plásticos descartáveis é referente aos exercícios de 2008 e 2009 (Tabela 19Tabela 18). A mensuração das emissões foi obtida através do *software* GEMIS 4.6, por meio dos dados do material dos copos (poliestireno) e da gramatura dos mesmos. A metodologia do GEMIS para este item refere-se à realidade produtiva alemã, tendo sido adotado o ano de referência 2010. As emissões estimadas pelo GEMIS não incluem a extração e transporte do petróleo à industrialização deste e possuem sua fronteira delimitada até o portão da fábrica. Em 2008, foram consumidos aproximadamente 857 copos *per capita*, havendo um aumento em 2009 para 986 copos *per capita*, mesmo havendo um acréscimo do efetivo na unidade.

Tabela 18 – Emissões de GEE (kg/ano) referentes aos copos plásticos descartáveis consumidos na unidade sede da Petrobras em Natal, para 2008 e 2009.

	CO_2 (kg)	CH_4 (kg)	N_2O (kg)	CO_2eq (kg/ano)
2008	4.891,48	7,98	0,51	5.225,66
2009	5.625,21	9,18	0,59	6.009,51

Conforme exposto para o item papel, também podemos estimar as emissões referentes ao transporte dos copos plásticos descartáveis do portão da fábrica à unidade. Neste caso, a indústria produtora fica localizada na grande Natal, distando apenas 21,3km da unidade da Petrobras. Assim, as emissões resultantes são de apenas 2,45 kgCO_2eq anuais para 2009, representando somente 0,04% a mais das emissões contabilizadas,

lembrando que seriam ainda menos relevantes se contabilizadas as etapas inicias do ciclo de vida do poliestireno. Desta feita, uma outra estratégia, nem sempre possível de ser adotada por empresas, para minoração de emissões de GEE é a escolha por fornecedores mais próximos geograficamente.

Na unidade sede da Petrobras em Natal, está sendo estudada a proposta de abolição do uso de copos plásticos descartáveis, evitando-se, assim, o consumo destes produtos e, por conseguinte, os impactos causados, estando inclusas as emissões de GEE mencionadas. A proposta visa à substituição dos copos descartáveis pela implantação de canecas/çopos (mais resistentes) individuais. Contudo, importa se fazer um estudo dos GEE a serem emitidos pela lavagem dos novos copos/canecas e uso de produtos de limpeza relativos. Logicamente, outros fatores também devem ser analisados (i.e. custos, logística e outros), visando à relação mais satisfatória de custo-benefício em termos financeiros e ambientais. Como a proposta ainda não foi adotada, não foi incluída neste estudo.

4.5 Compilação das Emissões

Compilando-se as emissões estimadas para os 4 itens, pode-se perceber o montante de GEE emitidos referentes às atividades em questão, bem como o peso de cada uma no valor total (Tabela 19). Nota-se que os valores aferidos para a energia elétrica consumida são bem maiores, justamente por ser este o insumo de maior monta em qualquer atividade empresarial administrativa e grande maioria de todos os processos produtivos, como explanado no capítulo 2 do presente trabalho.

Tabela 19 - Emissões de GEE (tCO_2eq) mensuradas na unidade sede da Petrobras em Natal em 2009, segundo metodologias e fatores de emissão citados.

Itens	**Emissões (tCO_2eq)**				
Veículos	diretas	17,80	GEMIS 4.6	16,04	IPCC (2006)
Energia elétrica	diretas + indiretas	3.772,90		3.772,90	GEMIS 4.6
Papel de escritório		16,12		17,00	Galdiano (2006)
Copos plásticos		6,00		6,00	GEMIS 4.6
Total		**3.812,82**		**3.811,94**	

Inicialmente cabe destacar que para uma aferição mais precisa das emissões de GEE relativas, dois fatores seriam necessários: a) a utilização de dados mais completos e

precisos, e b) metodologias mais apropriadas e específicas à realidade nacional e temporal atual. Quanto à disponibilidade dos dados, o fator que mais pesa é justamente o grau de dificuldade ou facilidade encontrado para a coleta dos mesmos.

A obtenção de resultados mais acurados demanda a obtenção de informações em diversos segmentos das variadas etapas dos ciclos de vida dos produtos e processos produtivos. Com o uso do GEMIS, são diminuídas as necessidades por dados, haja vista a integração entre as etapas da cadeia produtiva já realizada pelas metodologias do programa. Contudo, ainda assim em muitos casos são necessárias informações relacionadas às etapas iniciais e/ou finas dos ciclos de vida, demandando investigações mais detalhadas junto às empresas de logística, fornecedores e demais atores. No caso de a própria companhia realizar o inventário de sua Pegada de Carbono, com certeza o acesso aos dados é facilitado e pode-se chegar a resultados bem mais exatos. Neste estudo propriamente, os resultados poderiam ser mais acurados se tivesse havido uma maior disponibilização de dados necessários, os quais, em alguns casos, nem mesmo são controlados, como a eficiência dos motores dos veículos da empresa ou consumo real destes.

Pelo apresentado, podemos dizer que ainda existe uma carência de metodologias mais precisas e adequadas à realidade nacional. E ainda, mesmo considerando as metodologias existentes, não existe uma padronização daquelas que devem ser utilizadas na inventariação de emissões de GEE/Pegada de Carbono. Todavia, mesmo considerando as diferentes realidades locais e nacionais e a especificidade das diferentes metodologias, estas possuem uma natural proximidade e coerência, por terem abrangido as mesmas atividades industriais. Ao analisarmos os resultados deste estudo, verificamos uma diferença não significativa (da ordem de 2%) entre os valores encontrados pelo *software* GEMIS 4.6 e as demais opções de cálculo.

Tal constatação assume um caráter fundamental, posto que, pelas considerações e argumentações delineadas ao longo do estudo, poder-se-ia pensar que o *software* GEMIS não seria adequado à quantificação da Pegada de Carbono empresarial. Porém, podemos claramente perceber que, havendo a conhecimento dos dados relacionados às atividades logísticas e intrínsecas às atividades produtivas das etapas de uma cadeia produtiva, o GEMIS configura-se como excelente ferramenta na quantificação, não só das emissões de GEE, mas dos impactos sociais, ambientais e econômicos referentes ao ciclo de vida um produto ou processo produtivo. O programa é ainda mais eficaz para atividades industriais, mesmo que passível de aprimoramentos, principalmente quanto à inclusão de metodologias desenvolvidas para a realidade brasileira. Resumindo, o *software* GEMIS 4.6 pode ser classificado como adequado para quantificação de Pegadas de Carbono empresariais a depender do foco de utilização (geográfico e temporal) pretendido.

Em relação aos resultados encontrados (valores de emissões), a interpretação quanto a sua pertinência perpassa pelas discussões acerca das fronteiras de responsabilidade que uma empresa deve definir, ou seja, se a RSE é referente apenas às emissões diretas de GEE ou se deve abranger emissões indiretas e, nesse caso, desde e até que momento de uma cadeia produtiva. A despeito destas variantes, algumas das possibilidades de ação ante os resultados, objetivando a minoração das emissões, foram

discutidas. Como discorrido, a Petrobras já realiza uma série de medidas e implantação de alternativas no sentido de evitar ou mitigar emissões de GEE e outros custos ambientais e econômicos. Assim, a empresa já responde por uma parcela de responsabilidade quanto à temática das alterações climáticas, buscando o máximo de comprometimento com a sustentabilidade, como atesta a própria companhia.

Para o caso de a empresa adotar a Pegada de Carbono como indicador de sustentabilidade empresarial, sua parcela de responsabilidade e ações aumentaria, pela ampliação do foco. Uma empresa do porte da Petrobras possui plenas condições de buscar uma minoração de emissões de GEE mais acentuada, tanto pela capacidade de adoção de medidas inteligentes e eficientes, bem como por seu favorável poder de influenciar o mercado – fornecedores e consumidores. Ressalta-se que tal argumentação é destinada a quaisquer empresas comprometidas com a sustentabilidade e que prometem uma RSE inteira, para além de seus portões.

Além das alternativas discutidas, no caso da adoção de responsabilidade sobre essas emissões, uma ação que possibilitaria a neutralização das mesmas seria o plantio de árvores. Mesmo que as ações de reflorestamento somente seqüestrem o CO_2 (deixando os demais GEE de lado), este é, de longe, o GEE mais representativo. Além disso, no desafio de reversão das mudanças climáticas configura-se como um dos eixos de ações definidos pela própria empresa o estímulo a projetos de abatimentos de emissões através da fixação de carbono na biomassa (PETROBRAS, 2005, pp.14 e 35).

Se porventura a companhia quisesse voluntariamente se dignar a neutralizar a Pegada de Carbono de 2009 para os itens aferidos, adotando-se os valores indicados por Resende (2001), teria de reflorestar 90,8 ha com vegetação de floresta tropical decídua, 47,7 ha de mata atlântica ou 26,8 ha de floresta primária neotropical. Uma sugestão seria a promoção de parcerias ou investimento da empresa para o reflorestamento de uma área degradada.

A Petrobras (e subsidiárias) já possui inclusive a boa prática de promover plantios e manutenção de mudas como demonstração de sua RSE (Figura 41). É importante ressaltar que se está considerando a hipótese de que a empresa considerasse as emissões relatadas como de sua responsabilidade, não havendo nenhuma obrigatoriedade para isso. Além disso, na prática, sua Pegada de Carbono seria maior, pela inclusão dos demais itens não contabilizados no estudo, para o que se teria de promover uma análise da viabilidade de adoção das ações sugeridas. Ressalta-se, entretanto, que, em vista da exeqüível possibilidade de neutralização das emissões relatadas, o comprometimento da empresa ao se responsabilizar pelas emissões e executar o reflorestamento seria um ótimo exemplo de preocupação com a questão das mudanças climáticas e de proficiente RSE.

Figura 41 - Plantio de mudas realizado na BR Distribuidora de Natal em 2008, em parceira com o Projeto Nativas no Campus (ANDRADE e SILVA, 2008).

A complexidade das perspectivas citada – aceitação de responsabilidade pela Pegada de Carbono –, face aos diversos interesses político-financeiros e às questões sócio-culturais, impele governos e empresas a adotarem-na de forma meticulosa e paulatina. Uma vez mais, o diapasão a ser escolhido como norteador definirá quais serão as metas almejadas e como serão atingidas. A Petrobras, por exemplo, já vem executando ações que exprimem qual o timbre socioambiental almejado pela empresa, a qual busca o máximo em sustentabilidade e já foca, conforme seu programa Proclima, o desempenho ambiental no ciclo de vida de combustíveis fósseis e renováveis, a eficiência energética, o seqüestro de carbono e a avaliação de impactos, vulnerabilidade e adaptação das atividades da Petrobrás em relação a mudanças do clima. Resta saber se a adoção da Pegada de Carbono como um indicador de sustentabilidade se harmoniza com a visão de futuro e princípios de RSE de empresas ante o desafio de reversão das alterações climáticas.

5 CONCLUSÕES

O ambiente no qual vivemos muda continuamente devido a causas naturais, sobre as quais não temos controle. A vida sobre a Terra tem mostrado uma surpreendente capacidade em suportar estas variações. Recentemente, tem-se presenciado mudanças consideráveis no ambiente, causadas pela ação do homem. As mudanças antropogênicas eram insignificantes antes da Revolução Industrial, a qual teve seu pico no final do século XIX, mas se tornaram preocupantes devido ao aumento populacional e ao uso predatório dos recursos naturais, notadamente os energéticos, principalmente nos países industrializados. A presença (efêmera existência material) do homem na Terra é bastante recente em termos geológicos e depende de condições ambientais específicas: clima, temperatura, presença de água e de outras formas de vida. Distúrbios além desses limites, mesmo com a notável capacidade de adaptação, são por demais perigosos. Infelizmente, temos testemunhado distúrbios antropogênicos além do limiar de bioregeneração do planeta. Estamos consumindo e poluindo a um ritmo maior do que a Terra é capaz de recompor e, por isso, nos sujeitando aos riscos eminentes.

Os responsáveis por isto somos justamente nós, parcela da humanidade que consume os recursos naturais de forma insustentável. E, os responsáveis por propiciar às pessoas os produtos a serem consumidos (bens e serviços) são instituições em grande maioria privadas. Para atender a essas empresas, existe uma série outras empresas que formam a cadeia produtiva dos produtos e processos produtivos. Em todas essas etapas, ocorrem distúrbios. Por um pretenso conforto e desenvolvimento, que não atinge nem 1% da população mundial, os consumidores aceitam, impostamente, que os processos produtivos, extraiam recursos e gerem resíduos acima do limiar de biocapacidade de regeneração do planeta. E as empresas assim o fazem, para atender aos consumidores, e principalmente aos empresários.

Devido aos sinais que o planeta está nos mostrando e, por isso, ao aumento da conscientização da humanidade de que nosso sistema está errado e que devemos dar lugar a um sistema produtivo circular (visto que a Terra não agüenta mais o processo linear repetitório de ‘extrair-consumir-descartar’), está ganhando importância a Responsabilidade Socioambiental Empresarial (RSE). A RSE vem sendo realizada por empresas para compensação de parte dos danos ou omissões sociais e ambientais causadas pelas mesmas. Ao ritmo atual, a RSE não acompanha os prejuízos causados pelos processos produtivos.

Dentre os distúrbios causados, as emissões de gases efeito estufa (GEE) atualmente estão recebendo considerável atenção. Face às características físicas caóticas da atmosfera, as quais são refletidas no clima, o montante de GEE emitidos contemporaneamente está provocando alterações climáticas nunca antes vistas. As previsões científicas são alarmantes e a humanidade já começa a sentir alguns dos efeitos previstos em diversas regiões do globo. Infelizmente, o ritmo adotado para a aceitação e aplicação da RSE não pode acompanhar o ritmo crescente de emissões de

GEE e as conseqüentes alterações climáticas oriundas. Diante desse contexto, algumas questões surgem.

A solução para a reversão das alterações climáticas é a diminuição das concentrações de GEE na atmosfera. Para isso, é necessário refrear ao máximo as emissões destes e, se possível, seqüestrar os GEE já emitidos. Em se avaliando a RSE praticada, vemos que há um lapso temporal entre as RSE necessária, exigida e praticada atualmente. Porém, os méritos existem para aqueles que buscam estreitar esse lapso. Sabemos que entre o discurso (desejável) e a prática, entre o imaginável e o exeqüível existe uma certa distância que, para ser vencida, demanda habilidades diplomáticas, coragem, poder de convencimento, governança e vontade. Se mui onírico e ingênuo aparenta ser o pensamento de que deve haver mudanças de atitude, talvez onírico e ingênuo seja acreditar que podemos seguir da forma insustentável que estamos. Felizmente, nesse ínterim há os que acreditam na sustentabilidade e procuram desenvolver tecnologias e metodologias para alcançá-la.

Visando-se a alcançar a sustentabilidade, empresas têm adotado o uso de indicadores de sustentabilidade para mensurar e avaliar a RSE. Os indicadores contribuem para a formulação das políticas na construção de um meio ambiente ecologicamente sustentável. Frente ao crescente interesse de alguns países em implementar as diretrizes ambientais – e.g. Agenda 21 –, cada vez mais se faz necessária a criação de indicadores para dar suporte a essas ações e tomadas de decisões. Sendo assim, os indicadores devem ser incorporados e implementados a partir de programas de RSE no setor empresarial e mesmo a responsabilidade social individual.

No tocante às alterações climáticas, um indicador que meça as emissões diretas de uma empresa não corresponde verdadeiramente aos distúrbios causados à atmosfera pela existência daquela empresa. Entre este e o indicador Pegada de Carbono há o lapso temporal que remonta às ações insatisfatórias atualmente aplicadas e as ações necessárias condizentes com a sustentabilidade. O uso do Indicador Pegada de Carbono pode melhor contribuir para a conscientização de que os distúrbios são graves. Pode contribuir para conscientizarmo-nos de que devemos buscar as medidas necessárias, almejando à neutralização das emissões de GEE.

Não defendemos que a atividade/empresa deva necessariamente se responsabilizar pelas emissões motivadas por sua existência, mas o conhecimento destas é imprescindível para a formação de uma imagem mais real de seus impactos nesse âmbito. O indicador Pegada de Carbono é aconselhado como mais um a integrar os demais indicadores. As empresas podem, e num primeiro momento até devem, continuar a mensurar também suas emissões diretas apenas, visando à divulgação de valores ou atendimento a normatizações e compromissos de RSE. Mas, aquelas que buscam realmente cumprir seu papel, fazendo sua parte perante a sociedade (humanidade) e visando a uma vitória no desafio de reverter as mudanças climáticas, devem atentar para o uso da Pegada de Carbono.

O indicador Pegada de Carbono constitui-se como instrumento efetivo para atender aos princípios de eco-eficiência e RSE, dizendo respeito a rotulagem, gestão de impactos segundo ACV, auto-avaliação, monitoramento, relatórios corporativos e aplicação de

medidas corretivas, além das preventivas, ajuste de conduta voluntário na recuperação do passivo ambiental relativo às alterações climáticas. Além dos ganhos ambientais, a neutralização pode proporcionar novos negócios, como fonte de emprego e renda, paralelamente com um processo de conscientização das partes envolvidas na promoção do uso racional dos recursos.

O indicador também condiz com as tendências atuais de pró-atividade e de interveniência holística, as quais estão cada vez mais inseridas nas políticas ambientais, projetos e programas empresariais. Em meio às discussões relativas às fronteiras de responsabilidade quanto às emissões de GEE derivadas de um processo produtivo (como um todo), a medição da Pegada de Carbono empresarial demonstra a visão de futuro e constitui-se como atitude de precaução perante as possíveis pressões sociais e de mercado vindouras.

Quanto à caracterização holística desse instrumento, a amplitude de causas e consequências que este abrange, é bem sabido que a energia custa à sociedade bilhões de dólares a mais do que seus usuários pagam diretamente por ela. Em relação às danos relativos aos GEE emitidos ao longo de toda geração e usos energéticos, a Pegada de Carbono destina-se justamente a promover o diagnóstico destes impactos, o conhecimento base para tomada de decisões. Entretanto, a utilização da Pegada de Carbono como indicador envolve diversos fatores.

Inicialmente, podem surgir algumas indagações. De quem deve ser a responsabilidade maior por fomentar a mudança de atitudes? Ainda que os consumidores, governos e cientistas assumam sua parcela de responsabilidade e procurem dar o melhor de si para a reversão das mudanças climáticas, será que poderão atingir os resultados almejados se mantido o mesmo formato de sistema produtivo? Será que a responsabilidade deve recair às empresas que promovem os processos produtivos e, por isso, configuram governos, estimulam e selecionam pesquisas e formatam os consumidores?

Acreditamos que sim, as empresas, verdadeiras forças motoras dos processos produtivos globais impactantes, devem arcar com a responsabilidade de buscar a mitigação das emissões por ações reais e servir de veículo para a conscientização das pessoas, por seu poder de influência sociocultural. Se o pensamento é ousado, mas a aplicação do indicador Pegada de Carbono, mesmo vindo a ocorrer apenas em longo prazo, demandará gestores empresariais dispostos a dar o primeiro passo, de aceitação da proposta, construindo-se capazes de trilhar o caminho até a plena empregabilidade deste instrumento.

Ademais, justamente por seu poder exacerbado de influência econômica, social e cultural, poder-se-ia configurar como os únicos capazes de promover o refreamento e neutralização de emissões, por seu domínio de tecnologias, recursos e influência socioeconômica junto aos ciclos produtivos e sociedade. Assim, a integração da ACV nos inventários de emissões é bem aceitável e justificável até, pois todas as emissões de processos *upstream* possuem um fim, sendo este a razão de existirem tais processos.

Apesar de a temática suscitar diversos questionamentos e estes não serem nada triviais de serem respondidos, a Pegada de Carbono pode ser compreendida

essencialmente como um instrumento bastante útil em termos de educação sobre: limites naturais, comportamentos de consumo excessivos, desigualdades sociais, diferenças entre países e necessidade por mudanças de padrão ao longo do tempo. Não apregoamos uma simplória educação ambiental, mas uma esmerada educação formativa de uma consciência cada vez mais esclarecida, que edifique conhecimento, que possa ser aplicado e seguido com diligência, a fim de nos intuir de sabedoria, fazendo-nos primar e zelar pela sustentabilidade de nossa casa – planeta Terra. Para isso, são necessárias renúncias, deixar o fácil discurso e galgar degraus na adoção de práticas melhores para todos.

Por outro lado, caso não haja a adoção consciente pela Pegada de Carbono, esta poderá haver por fatores econômicos, a exemplo da aplicação de CCS, inicialmente desenvolvido por motivos econômicos e, atualmente, utilizado visando à mitigação e prevenção de impactos ambientais (como visto no item 2.2 desta dissertação). Devemos, pois, atentar para a análise de um fator historicamente importante nas questões ambientais: se hoje ainda é grande a flexibilidade de se adotar ou não a Pegada de Carbono, no futuro podem haver restrições ambientais severas, que gerem obrigações econômicas e mesmo ambientais.

Entrementes, outros quesitos práticos a gerar discussão são referentes ao mérito de aplicabilidade de tal indicador. Onde seriam os limites de responsabilidade de uma atividade pelas emissões geradas ao longo de toda a cadeia produtiva na qual esta atividade estivesse inserida? Por outro lado, até onde a responsabilidade pode ser fragmentada, visto que o todo da questão é maior do que a soma das partes? Correntemente, a medição e neutralização da Pegada de Carbono não é alvo de obrigatoriedade, e sua adoção há de vir pela consciência e concórdia com os princípios da sustentabilidade e real responsabilidade ambiental, comportando-se o indivíduo/empresa/governo como parte, perante o todo global.

Cremos que cada ator alocado em etapa produtiva poderia exigir de seu anterior a responsabilidade pelo fornecimento de um produto/serviço ambientalmente correto – neutro em emissões de GEE. Essa maneira pode inclusive solver alguns questionamentos relativos à rotulagem de emissões, aplicando-se esta às etapas subseqüentes em uma cadeia produtiva. Seria até uma espécie de co-responsabilidade entre os atores da cadeia produtiva. Fatidicamente, porém, é bem sabido que a questão do uso da Pegada de Carbono não é consensualmente simples de ser definida. A complexidade de análise dos diversos intervenientes que formam os processos produtivos e a interatividade da variável Pegada de Carbono com as demais variáveis sociais e ambientais demandam ainda uma longa caminhada. Porém, há o dilema de que não se tem tanto tempo disponível para mantermo-nos apenas no nível teórico da questão.

Este desafio deve, portanto, ser abraçado, não meramente por discurso, mas realmente. Se hoje, a maioria das empresas divulga apenas suas emissões diretas, pretensamente como Pegada de Carbono em alguns casos, e promove redução apenas de uma parcela destas emissões, já seria um grande avanço a mitigação da mesma parcela percentual se aplicada a um valor de Pegada de Carbono maior (a Pegada real, contando emissões diretas e indiretas de toda cadeia produtiva). Se com isso, a parcela

percentual de mitigação se aproximasse ao menos da neutralização das emissões diretas da companhia, seria um importante resultado. Algumas companhias já se honram a visualizar as emissões de suas próprias operações são apequeninadas pelas emissões que ocorrem ao longo da cadeia de processos, nas operações *upstream* e *downstream.*

Em termos produtivos e competitivos, a preocupação empresarial com sua Pegada de Carbono e formas de mitigá-la pode constituir-se como um diferencial competitivo e um passo à frente das demais, em respeito a seu comportamento socioambiental e a sua própria imagem. A partir daí, pode-se estudar então a validação da Pegada de Carbono, ao invés de apenas as emissões diretas, como um indicador de sustentabilidade a ser usado para avaliação de cenários e tomada de decisões referentes à superação do desafio das alterações climáticas.

Conclusivamente, a mensuração da Pegada de Carbono frequentemente revelará tanto potenciais economias de custos energéticos na cadeia, incluindo outras oportunidades que podem ser exploradas, como também áreas problemáticas que deverão ser gerenciadas. Após promover a quantificação de sua Pegada de Carbono, a empresa poderá estudar as melhores alternativas de ações para mitigar a mesma, dentro de seu próprio processo produtivo, em diferentes setores, ou por acordo, estratégias junto a seus fornecedores e consumidores.

Algumas questões ainda precisam ser aprimoradas, como a precisão dos valores estimados. Enquanto as metodologias, perícia e precisão de dados referentes à Pegada de Carbono melhorarão continuamente, sempre haverá algum grau de incerteza associado ao processo de medição da Pegada de Carbono. As incertezas, ou margens de erros, são parte natural de muitos outros esquemas de medição e divulgação. Entretanto, se as decisões baseadas no indicador forem na direção correta, ainda será melhor usar este indicador do que não usar nenhum outro indicador ambiental.

Finalmente, acreditamos que o entendimento das emissões do ciclo de vida total associadas aos produtos de uma companhia seja útil para a firma não importa o quanto ela queira ou aceite se responsabilizar pelas emissões contabilizadas. Isto advém de que, como argumentado durante a negociação do Protocolo de Quioto, a flexibilidade e custo-benefício são extremamente importantes para os esforços de mitigação das emissões, e reduzir as emissões ao longo da cadeia de abastecimento pode ser mais '*cost-effective*' para as empresas do que reduzir as emissões diretas relativas à eletricidade, por exemplo.

Portanto, em resposta às hipóteses delineadas neste estudo, podemos confirmar, ainda com certo grau de subjetividade, que a Pegada de Carbono pode sim se constituir em uma ferramenta eficaz para conhecimento da totalidade de impactos causados, podendo servir de base para a orientação das ações empresariais quanto às mudanças climáticas. Em vista do arrazoado, percebe-se que a Pegada de Carbono possui um potencial especial para um entendimento mais real das responsabilidades pelos impactos gerados pelas emissões de GEE. Desta feita, configura-se como um bom instrumento auxiliar à consecução de um pleno desenvolvimento sustentável na questão das mudanças climáticas.

Contudo, confirmamos também a terceira hipótese, de que as limitações para mensuração da Pegada de Carbono ainda são muitas para permitir o uso imediato da mesma como Indicador de Sustentabilidade, pelo que a adoção do instrumento só poderia ser adotado em médio prazo.

Quanto ao uso do *software* GEMIS para a mensuração da Pegada de Carbono, vemos que mais aprimoramentos internos do programas e outros estudos práticos devem ser realizados para uma confirmação de sua viabilidade como uma boa ferramenta para inventariar emissões de GEE.

6 PERSPECTIVAS

Acreditamos que todo o arcabouço teórico examinado e a medição de parte da Pegada de Carbono da unidade sede da Petrobras em Natal serviram à avaliação da Pegada de Carbono como uma ferramenta eficaz, enquanto Indicador de Sustentabilidade, na solvência do desafio relativo às mudanças climáticas antropogênicas. No entanto, em razão da infante valorização deste indicador pela empresa e natural receio de colaboração com o estudo, acreditamos que nossa contribuição foi, ao final, aquém do planejado e desejável.

Todavia, queremos crer que nossa contribuição será válida para a realização de trabalhos futuros nesta seara, para aqueles que busquem motivação semelhante em buscar a proposição de métodos para a sustentabilidade, como a adoção de indicadores eficientes, que possam retratar melhor a realidade dos impactos causados e cativar os que sejam e se sintam responsáveis pela melhoria global da gestão e desempenho das organizações.

Cremos que a realização de outros estudos de quantificação – similares ou mais detalhados e aprofundados poderão ser úteis para um progressivo esclarecimento a respeito da importância, necessidade e limites de uso do indicador Pegada de Carbono. Se a mensuração da Pegada de Carbono ainda carece de precisão metodológica, a atenção dos líderes gestores empresariais e governamentais à questão pode solucionar isso, bem como pode fomentar a ampliação de repercussão do indicador Pegada de Carbono e de seu uso. Sugerimos, portanto, a ampliação de estudos que possam melhorar a precisão metodológica da medição da Pegada de Carbono, bem como estender sua quantificação a mais setores (industriais, segmentos produtivos) e realidades, o que agregará valor a seu uso como indicador de sustentabilidade para empresas que desejem mitigar sua Pegada de Carbono.

Se utilizada a mesma metodologia aplicada neste estudo, futuros estudos podem avaliar melhor a confiabilidade em se utilizar o *software* GEMIS para a realização de inventários de emissões, tendo em conta ainda o fator de que o programa recebe constantes melhoramentos e inserção de novos dados, havendo a tendência de ser ampliada a carteira de processos relativos à realidade nacional e outras também. Além disso, o *software* pode também ser explorado em outras facetas, por sua capacidade em fornecer o inventário de diversas outras variáveis, como exposto neste estudo. Isso também pode vir a reforçar a viabilidade de seu uso para diagnósticos socioambientais. Há ainda a possibilidade de serem usadas outras metodologias, que permitam a comparabilidade com o uso do *software* GEMIS e avaliação para a escolha mais acertada.

Incentivamos também estudos que avaliem outras variáveis dos cenários produtivos. Neste estudo nos detemos à avaliação da Pegada de Carbono, mas há a necessidade de serem feitos outros estudos que avaliem as alternativas propostas quanto às questões econômicas, por exemplo, buscando-se um saldo positivo e aceitável entre o ganhos econômicos e ambientais advindos das ações praticadas para a reversão das alterações climáticas, o que exige talento.

Por fim, queremos crer que o contexto das alterações climáticas negativas, por causas antropogênicas, e a necessidade em tomarmos atitudes – de gestão, de mudanças, de renúncia – possam tocar nós seres humanos, consumidores dos recursos naturais deste planeta abençoado. Que possamos enxergar mais longe e enxergarmos o próximo também. Que saibamos atender à ordem e caminhar rumo ao progresso material, ético e espiritual.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 14064: 2007** – Gases de efeito estufa (GEE). Parte 1 – Especificação e orientação a organizações para a quantificação e elaboração de relatórios de emissões e remoções de gases de efeito estufa. 2007.

AGOSTINHO, Feni; CAVALETT, Otávio; ORTEGA, Enrique. Cálculo da área de floresta necessária para mitigar o impacto ambiental de uma indústria gráfica: comparação entre a metodologia emergética e a análise de energia bruta. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Campinas–SP, v. 2, n. 2, PP. 1535–1539, out. 2007.

ALMEIDA, M. F. L.. **Sustentabilidade corporativa, inovação tecnológica e planejamento adaptativo**: Dos princípios à ação. Tese (Doutorado em Administração) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUC, Rio de Janeiro–RJ, 2006.

AMARAL, S.P. Indicadores de Sustentabilidade Ambiental, Social e Econômica: Uma Proposta para a Indústria de Petróleo Brasileira. **Revista Meio Ambiente Industrial**, Ed. 39, n.38. 2002.

ANDRADE, Ricardo Teixeira, SANTOS, Enilson Medeiros. Quantificação das Emissões de Gases Efeito Estufa – GEEs segundo matriz energética Diesel ou GNV no transporte público por ônibus em Natal–RN. **Revista Holos**, Natal–RN, v.3, p. 3–15. 2009.

ANDRADE, Ricardo Teixeira, SILVA, Adriana Cláudia. Educação Ambiental: Uma Perspectiva Metodológica Empregada pelo Projeto Nativas no Campus da UFRN. **Revista Holos**, v.1, pp.93 – 118, Natal–RN, 2008.

ANTUNES, Ana Rita. **Papel Reciclado –** para um Desenvolvimento Sustentável. 193f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Lisboa. Portugal, 2001.

API – American Petroleum Institut. **Compendium of Greenhouse Gas Emissions Methodologies for the Oil and Gas Industry.** Texas–USA: 2004.

ARAÚJO, Paula Duarte. **Impactos Ambientais e na Matriz de Consumo de Combustíveis pela Introdução de uma Frota de Veículos Leves com Células a Combustível na Cidade de São Paulo.** 164f. Dissertação (Mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas–SP. 2004.

BANCO MUNDIAL. **Desenvolvimento com Menos Carbono:** Respostas das América Latina ao Desafio da Mudança Climática. Washington–USA, 2009.

BARBOSA, Ronald Leite; SILVA, Fábio Moreira da; SALVADOR, Nilson and VOLPATO, Carlos Eduardo Silva. **Desempenho comparativo de um motor de ciclo diesel utilizando diesel e misturas de biodiesel**. *Ciênc. agrotec.* [online]. 2008, vol.32, n.5, pp. 1588–1593.

BELLEN, Hans Michael van. **Indicadores de Sustentabilidade**: uma análise comparativa. Rio de Janeiro–RJ: Editora FGV, 2005.

_____________. **Indicadores de Sustentabilidade**: uma análise comparativa. 2ª ed. Rio de Janeiro–RJ: Editora FGV, 2007.

BIODIESELBR. **SindiBio comemora aumento de percentual de biodiesel.** 11 Nov 2009 . Disponível em:< http://www.biodieselbr.com/noticias/em–foco/sindibio–comemora–aumento–percentual–biodiesel–11–11–09.htm>. Acesso em: 13 Mai 2010.

BRADESCO. **Relatório anual Online 2007.** Disponível em: <http://www.bradescori.com.br/site/RAO/2007/conteudo/sustentabilidade/MeioAmbientM_01.aspx>. Acesso em: 20 Abr 2010.

BRANDÃO, Eraldo José. Neutralização de emissão de gases de efeito estufa: um indicador de desenvolvimento sustentável nas responsabilidades socioambiental empresarial e individual. Eraldo Rio de Janeiro: CETEM/MCT (Série Tecnologia Ambiental, 44), 2008. 35p.

BRASIL. Instrução Normativa IBAMA nº7, de 13 de abril de 2009. **Diário Oficial da União Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 15 abr. 2009.

_____________. Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005. Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 14 jan. 2005.

CAMARGO, Arilde Sutil G.; UGAYA, Cássia Maria Lie; AGUDELO, Libia Patricia Peralta. Proposta de Definição de Indicadores de Sustentabilidade para Geração de Energia Elétrica. **Revista Educação & Tecnologia**, Curitiba–PR, v.8, p. 111 – 128. 2004.

CARBON TRUST. **Carbon footprints in the supply chain**: the next step for business. The Carbon Trust, 2006

CARBONO BRASIL. **COP 15 decide 'tomar nota' sobre Acordo de Copenhague.** Disponível em: < http://www.carbonobrasil.com/?id=724216>. Acesso em: 22 Dez 2009.

_____________. **Crise econômica ajudou na redução de emissões em 2009.** Disponível em: <http://www.carbonobrasil.com/?id=725777>. Acesso em: 16 Out 2010.

_____________. **Inventário de emissões de GEE e ISO 14.064. Disponível em: <** http://www.carbonobrasil.com/#mudancas_climaticas/inventario_de_emissoes_de_gee_e_iso_14.064>. Acesso em: 06 Nov 2009.

_____________. **O que está sendo feito no Brasil em relação às mudanças climáticas?** Disponível em: < http://www.carbonobrasil.com/#mudancas_climaticas/perguntas_frequentes2>. Acesso em: 03 Out 2009.

CARROLL, Archie B.; BUCHHOLTZ, Ann K. **Business and Society:** Ethics and Stakeholder Management. 7th Ed. Boston, MA – USA: South–Western College Pub, 2008.

CDP, Carbon Disclosure Project. **Global 500 Report.** PriceWaterHouse Coopers: England. 2009.

_____________. **The Carbon Chasm.** British Telecomunications plc – BT: England. 2009.

CHAN, Wai Nam. **Quantificação e redução de emissões de gases de efeito estufa em uma refinaria de petróleo**. 138f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas–SP, 2006.

CMMAD – Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Nosso futuro comum**. Editora da Fundação Getúlio Vargas. Rio de Janeiro-RJ, 1988

CONCEIÇÃO, Guilherme Wilson. **A Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental da Inserção do Gás Natural Veicular em Frotas do Transporte Coletivo Urbano de Passageiros.** 290f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal do Rio de Janeiro – COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro–RJ, 2006.

COURCHENE, Thomas J.; ALLAN John R. Climate Change: the Case for a Carbon Tariff/Tax. **Policy Options,** pp. 59–64, mar. 2008

DBCCA, Deustche Bank Group Climate Change Advisors. **Global Climate Change Policy Tracker:** an investor's assessment. Germany. 2009. 378p.

DESVANTAGEM DO PAPEL reciclado é reconhecido pela Natura. **Revista INCorportativa.** Publicado em 14 de julgo de 2010. Disponível em: <http://www.incorporativa.com.br/mostranews.php?id=593>. Acesso em: 24 jul. de 2010.

DUBEUX, Carolina Burle Schmidt. **Mitigação de Emissões de Gases de Efeito Estufa por Municípios Brasileiros:** Metodologias para Elaboração de Inventários Setoriais e Cenários de Emissões como Instrumentos de Planejamento. Tese (Doutorado) Rio de Janeiro–RJ: UFRJ, 2007.

EIK, A. et al.. **Indicators for Eco–efficiency in Recycling Systems**. The Science and Culture of Industrial Ecology–conference, Netherlands, 12–14, November, 2001.

ENERGIAS RENOVÁVEIS – Gás & Energia. **Destaques operacionais.** Disponível em: <http://www2.petrobras.com.br/ri/port/DestaquesOperacionais/GasEnergia/EnergiasReEnergias.asp>. Acesso em: 08 Jul 2010.

ENERGY INTELLIGENCE GROUP. Green issues to wack big oil where it hurts most. **International Petroleum Finance**. 2002

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **A Questão Socioambiental no planejamento da expansão da oferta de energia elétrica.** Rio de Janeiro–RJ: EPE, 2006.

_____________. **Balanço Energético Nacional 2008** – Ano base 2007. Rio de Janeiro–RJ: EPE, 2008.

_____________. **Balanço Energético Nacional 2009** – Ano base 2008. Rio de Janeiro–RJ: EPE, 2009.

ETHOS, Instituto Ethos de Empresas e Responsabilidade Social. http://www1.ethos.org.br. Acesso em: 22 Out 2009.

FAJARDO, Elias. Entrevista – Washington Novaes: “O Brasil não coloca o meio ambiente no centro de sua estratégia nacional”. **Senac e educação ambiental,** Rio de Janeiro–RJ, v. 15, n. 1, p. 8–12, set./dez. 2006.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Natios. **Livestock’s Long Shadow:** Environmental Issues and Optios. Rome, 2006.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Novo dicionário Aurélio de Língua Portuguesa.** 3. ed. Curitiba–PR: Positivo, 2004.

FERREIRA, Silvia Maria. **Relação entre a espessura real e aparente da gasolina com etanol e da gasolina pura em colunas de laboratório.** 119f. Tese (Doutorado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) – Universidade de São Paulo – USP, São Paulo, 2003.

FET, A. M.. Eco–Efficiency Reporting Exemplified by Case Studies. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 5, nn.3–4. 2002.

FINKBEINER, Matthias. Carbon Footprinting – Opportunities and Threats. **International Journal Life Cycle Assess,** Springer–Verlag, v. 14, pp. 91–94, mar. 2009.

FISCHER, Rosa Maria; FEDATO, Maria Cristina Lopes; BELASCO, Pedro Falco.

FOLHA ONLINE. **Mistura de álcool à gasolina volta a 25% neste domingo.** 29 Abr 2010. Disponível em:< http://www1.folha.uol.com.br/folha/dinheiro/ult91u727759.shtml>. Acesso em: 13 Mai 2010.

FRITSCHE, Uwe R.. **Comparison of Greenhouse–Gas Emissions and Abatement Cost of Nuclear and Alternative Energy Options from a Life–Cycle Perspective.** Updated version. Darmstadt: Öko–Institut e.V. (Institute for Applied Ecology), 2006.

FRITSCHE, Uwe R.; SCHMIDT, Klaus. **Global Emission Model of Integrated Systems (GEMIS) Manual.** Darmstadt–Germany: Öko–Institut e.V. (Institute for Applied Ecology), 2008.

______________. **Global Emission Model of Integrated Systems (GEMIS) Manual.** Darmstadt–Germany: Öko–Institut e.V. (Institute for Applied Ecology), 2007.

GAITHER, Norman; FRAZIER, Greg. **Administração de produção e operações**. 8. ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002.

GALDIANO, Guilherme de Paula. **Inventário do Ciclo de Vida do Papel Offset Produzido no Brasil.** 280f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – USP, São Paulo–SP. 2006.

GAP – GLOBAL ACTION PLAN. **An Inefficient Truth:** Executive Summary. London, 2007.

GARDNER, Gary, ASSADOURIAN, Erik e SARIN, Radhika. 2004. O Estado do Consumo Hoje. In: Worldwatch Institute. **Estado do Mundo, 2004**: estado do consumo e o consumo sustentável. (tradução: Henry Mallett e Célia Mallett). Salvador, BA: Uma editora, 2004.

GEROMINI, Márcio Penteado. **Análise Qualiquantitativa do Balanço de Carbono em Empresa do Setor Florestal Destinada à Produção de Molduras.** 117f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Regional de Blumenau, Blumenau–SC, 2004.

GFN, Global Footprint Network. **The Ecological Footprint Atlas 2008.** Global Footprint Network: Oakland – CA, USA. 2008. 87p.

GIURCO D.; PETRIE, J. G. Strategies for Reducing the Carbon Footprint of Copper: New Technologies, more Recycling or Demand Management?. **Minerals Engineering.** v. 20, n. 9, pp. 842–853, ago. 2007.

GOLDEMBERG, José; LUCON, Oswaldo. **Energia, Meio Ambiente & Desenvolvimento**. 3ª ed. São Paulo–SP: Editora da Universidade de São Paulo, 2008.

GRI – Global Reporting Initiative. **Diretrizes para Relatório de Sustentabilidade**. São Paulo–SP, 2006.

GUIMARÃES, Cláudia; FAJARDO, Elias. Aquecimento Global: o desafio do século. **Senac e educação ambiental,** Rio de Janeiro–RJ, v. 16, n. 1, p. 20–31, jan./abr. 2007.

HACKBART, Eugenio. Por que estes dados são escondidos? MetSul Meteorologia. Porto Alegre – RS: 06 Fev 2007. Disponível em: < http://www.metsul.com/secoes/visualiza.php?cod_subsecao=33&cod_texto=557>. Acesso em: 10 Dez 2009.

_____________. Terra vive resfriamento global. Correio do Povo. Porto Alegre – RS, 5 Jun 2008.

HART, S.L. Beyond greening: strategies for a sustainable world. **Harvard Business Review**, pp. 65–76, Jan.–Fev. 1997.

HART, Stuart L.; MILSTEIN, Mark B.. Criando Valor Sustentável. **RAE Executivo**, v. 3, n. 2, p.65–79, mai/jul 2004.

HELLWEG, S.; DOKA, G.; FINNVEDEN, G. et al.. Assessing the eco–eficiency of end–of–pipe technologies with the environmental cost–efficiency indicator: A case study of solid waste

HENDRICKSON, C. T.; LAVE, L. B., MATTHEWS, H. S. **Environmental Life Cycle Assessment of Goods and Services**: An Input–Output Approach. Washington–DC, USA:Resources for the Future Press. 2006.

HERTWICH Edgarg; PETERS, Glenp. Carbon Footprint of Nations: A Global, Trade–Linked Analysis. **Environmental Scence & Technology**. American Chemical Society, v. 43, n. 16, pp. 6414–6420, 2009.

HOFFMANN, Volker H.; BUSCH, Timo. Corporate Carbon Performance Indicators: Carbon Intensity, Dependency, Exposure, and Risk. **Journal of Industrial Ecology**, Zurich–Switzerland, v. 12, n. 4, pp. 505–520, 2008.

HUPPES, G.; ISHIKAWAB, M.. An introduction to quantified eco–efficiency analysis. **Eco–Efficiency in Industry and Science**, v.22. 2007.

IEA – International Energy Agency. **World Enegy Outlook 2004**. Paris, 2004.

INICIATIVA VERDE. http://www.iniciativaverde.org.br/pt/. Acesso em: 20 Mai 2010.

IPCC – The Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2001**: Sythesis Reporty. 1ª ed. Cambridge–United Kingdom, and New York–USA: Cambridge University Press, 2001.

_____________. **Climate Change 2007**: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge–United Kingdom, and New York–USA: Cambridge University Press, 2007.

_____________. **IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. Hayama, Japan: IGES – Institute for Global Environmental Strategies, 2006.

_____________. **Quarto relatório do painel intergovernamental sobre mudança do clima, AR4**. Organização das Nações Unidas (ONU): 2007.

IPIECA – International Petroleum Industry Environmental Conservation Association Petroleum; OGP – International Association of Oil and Gas Producers. **The oil and gas industry from Rio to Johannesburg and Beyond**. London, 2002.

IWR (Institut für Regenerative Energiewirtschaft) – Instituto Alemão de Energias Renováveis. **Monatsreport.** n.08. 2009.

JONES, G. Edwards; PLASSMANN, K.; YORK, E. H.; HOUNSOME, B.; JONES, D. L.; CANALS L. Milà i. Vulnerability of Exporting Nations to the Development of a Carbon Label in the United Kingdom. **Environmental Science & Policy.** v. 12, n. 4, pp. 479–490, jun. 2009.

KAMMEN, Daniel, M. **Cookstoves for the Developing World.** Berkeley – University of California, 1995. Disponível em: <http://socrates.berkeley.edu/~kammen/cookstoves.html. Acesso em: 25/05/2010.

KICHERER, A., **Socio–Eco–Efficiency Analysis for Biodiesel**. BASF, Ludwigshafen – Denmark, 2006.

LEYEN, Bianca de Castro. **Eco–Eficiência na Exploração e Produção de Petróleo e Gás em Regiões de Florestas Tropicais Úmidas**: o caso da Petrobras na Amazônia. 219f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro – COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro–RJ, 2008.

LOUETTE, A.. **Compêndio para a sustentabilidade**: Ferramentas de Gestão de Responsabilidade Socioambiental. 1a ed. São Paulo–SP: WHH Instituto AntaKarana, 2007.

MALAFAIA, E. M.. **Avanço das Práticas de Responsabilidade Social Corporativa no Setor de Petróleo**: o caso da Petrobras. 132f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro – COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro–RJ, 2006.

MARCOVITCH, Jacques. **Para mudar o futuro :** projetos sustentáveis de empresas no Brasil – 2007/2008. São Paulo–SP: FEA/USP, 2008.

MARTINS, Osvaldo Stella. **Determinação do potencial de sequestro de carbono na recuperação de matas ciliares na região de São Carlos – SP.** 136 p. Tese (Doutorado). São Carlos–SP: UFSCar, 2005.

MARZULLO, R. C. M.. **Análise de ecoeficiência dos óleos vegetais oriundos da soja e palma, visando a produção de biodiesel**. 303f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade de São Paulo–USP, São Paulo–SP. 2007.

MASSARRAT, Mohsen. **Sustainability through Cost Internalization**: Theoretical rudiments for the analysis and reform of global structures. Ecological Economics, Vol. 22, No. 1, pp. 29–39, Elsevier, New York, 1997.

MATTHEWS, H. Scott; HENDRICKSON, Christ; WEBER, Christopher L. **The Importance of Carbon Footprint Estimation Boundaries.** American Chemical Society, v. 42, n. 16, pp. 5839–5842, ago. 2008.

MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia / CGEE, Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. **Manual de Capacitação sobre Mudança do Clima e Projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)**. Brasília, DF: 2008.

MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia. **Comunicação inicial do Brasil à Convenção–Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. Brasília–DF, 2004.

_____________. **Emissões de Dióxido de Carbono por Queima de Combustíveis:** Abordagem Bottom–Up**.** Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa. Brasília–DF, 2006.

_____________. **Emissões de Gases de Efeito Estufa nos Processos Industriais e Por Uso de Solventes.** Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa. Brasília–DF, 2006.

_____________. **Inventário Brasileiro das Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa**: Informações Gerais e Valores Preliminares. Brasília–DF, 2009.

_____________. **Metodologias de Linha de Base e Monitoramento Aprovadas.** Disponível em: <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/24102.html>. Acesso em 25 jul. 2010.

_____________. **Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa**. Brasília–DF, 2002.

MMA – Ministério do Meio Ambiente / PNUD – Programa das Nações Unidas. **Agenda 21 Brasileira – Resultado da Consulta Nacional**. Brasília–DF, 2002.

MMA – Ministério do Meio Ambiente /CPDS – Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional. **Ações prioritárias da Agenda 21.** Brasília–DF, 2002.

MMA – Ministério do Meio Ambiente, Comitê Interministerial Sobre Mudança do Clima. **PLANO NACIONAL SOBRE MUDANÇA DO CLIMA – PNMC.** Decreto nº 6.263, de 21 de novembro de 2007. Brasília–DF: 2008.

MME – Ministério de Minas e Energia. Souto, J. J. N. **Política Nacional de Biocombustíveis**. Disponível em: <www.mme.gov.br>. Acesso em: 23 out. de 2008.

MONTE, Vânia Lúcia de Araújo Silva; MACHADO, Luiz Vicente Costa da Silva. **Rotinas Sustentáveis no Ambiente de Trabalho – Experiência do Centro de Pesquisas da Petrobras**. Rio Oil & Gas. 13–16 set 2010.

MORIN, Edgar. **Os sete saberes necessários à educação do futuro**. 2. ed. Brasília–DF: UNESCO, 2000.

NAE – Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. **Biocombustíveis.** Cadernos NAE, nº 2. Brasília–DF: Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, Secretaria de Comunicação de Governo e Gestão Estratégica, 2005.

NAE – Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. **Mudança do Clima.** Cadernos NAE, nº 3, volumes I e II. Brasília–DF: Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, Secretaria de Comunicação de Governo e Gestão Estratégica, 2005.

NAKASHIRA, Érika; MEDEIROS, Gerson Araujo. Rotulagem Ambiental: O caso do setor cosmético. **Engenharia Ambiental,** Espírito Santo do Pinhal–SP, v. 6, n. 2, p. 544–563, mai /ago 2009.

NASH, R. F. **The rights of nature. A history of environmental ethics.** Madison: The University of Wisconsin Press, 1989.

NATURA. **Relatório anual Natura 2008**. São Paulo, 18/02/2009. Disponível em: <www.natura.net/relatorio>. Acesso em: 20 Out 2009.

NOGUEIRA, Sergei da Silva. **Uso do GNV em ônibus urbano para operar em linha comercial – Projeto piloto Gasbus**. 176 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre, 2006.

NTU **–** ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES URBANOS. **Anuário 2008/2009**. Brasília: 2009. 70 p.

OCE. **A Océ apresenta o primeiro papel produzido sem emissões de CO_2**: Océ Black Label Zero. Disponível em: http://www.oce.pt/news/press–releases/2010/Oce_apresenta_primeiro_papel_produzido_sem_emissoes_CO2.aspx. Acesso em: 22 mar. de 2010.

OLIVEIRA FILHO, Alberto Dantas. **Substituição de Diesel por Gás Natural em ônibus do Transporte Público Urbano**. Dissertação (Mestrado em Energia) – Universidade de São Paulo – USP, São Paulo, 2006.

OLIVEIRA JÚNIOR, João Alencar. **A Utilização de Cenários Normativos para Formulação de Políticas Públicas:** A Adoção do Gás Natural Veicular – GNV no Sistema de Transporte Público por Ônibus no Município de Fortaleza. 346f. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia de Transportes) – Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Rio de Janeiro–RJ, 2005.

PETROBRAS, Unidade de Negócio de Exploração e Produção da Amazônia – UN–AM. **Diretrizes de Sustentabilidade:** para as Atividades de Exploração e Produção da Petrobras na Amazônia**.** Rio de Janeiro–RJ, 2006.

_____________. **Balanço Social e Ambiental.** 2007.

_____________. **Balanço Social e Ambiental.** 2008.

_____________. **Gestão de Emissões Atmosféricas**: Relatório de desempenho. 2005.

PIMENTA, Handson Cláudio Dias. **A Produção Mais Limpa como Ferramenta em Busca da Sustentabilidade Empresarial:** um estudo de múltiplos casos em empresas do estado do Rio Grande do Norte. 174f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, Natal–RN, 2008).

PNUMA, Instituto Brasil. **Informativo do Comitê Brasileiro do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente.** n. 96. ago.–set. 2007.

_____________. **Informativo do Comitê Brasileiro do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente.** n. 98. dez. 2007– jan. 2008.

_____________. **Informativo do Comitê Brasileiro do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente.** n. 99. fev.–mar. 2008.

_____________. **Informativo do Comitê Brasileiro do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente.** n.105. fev.–mar. 2009.

_____________. **Informativo do Comitê Brasileiro do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente.** n.108. ago.–set. 2009.

POLI SILVA, Luciana. **Responsabilidade social corporativa, solidariedade e dádiva**: o caso da Petrobras S.A. 134f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Pontifícia Universidade Católica – PUC, Rio de Janeiro–RJ. 2004.

PR INSTITUI papel reciclado. **Agência Notícias Estado do Paraná.** Publicado em 18 de fevereiro de 2010. Disponível em: < http://www.sindigraf.org.br/index.php?option=com_content&view=article&id=4771%3Apr–institui–papel–reciclado&catid=1%3Atimas–notas&Itemid=30&lang=br>. Acesso em 19 fev. de 2010.

RESENDE, D.; MERLIN, S.; SANTOS, M. T.. **Seqüestro de carbono**: Uma experiência concreta. Instituto Ecológica. Palmas–TO, 2001

RIBEIRO, S.K. **Estudo das Vantagens Ambientais do Gás Natural Veicular: o caso do Rio de Janeiro**. 1a ed., Rio de Janeiro–RJ: COPPE/UFRJ, 2001.

RMAI, Revista Meio Ambiente Industrial. **ISO 14064 – Ferramenta empresarial na gestão das emissões de gases de efeito estufa.** Disponível em: < http://www.rmai.com.br/?aID=7&aNome=Gest%E3o%20ambiental%20nas%20mudan%E7as%20clim%E1ticas>. Acesso em: 06 Nov 2009, às 14:43h.

SACHS, I., 2004, Desenvolvimento: includente, sustentável, sustentado. Rio de Janeiro, Garamond / SEBRAE.

SALGADO, Vivian Gullo**. Proposta de Indicadores de Ecoeficiência para o Transporte de Gás Natural.** Dissertação (Mestrado em Energia e Meio Ambiente), Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Rio de Janeiro–RJ, 2004.

SAUER, Ildo Luís *et al*. Energias renováveis: ações e perspectivas na Petrobras.Bahia Análise & Dados. Salvador, v. 16, n. 1, p. 9–22, jun. 2006.

SCARPINELLA Gustavo D'almeida. **Reflorestamento no Brasil e o Protocolo de Quioto.** 182 f.Dissertação (Mestrado). São Paulo–SP: USP, 2002.

SCHMIDT, I.; MEURER, M.; SALING, P. et al. SEEbalance®: Managing Sustainability of Products and Processes with the Socio–Eco–Efficiency Analysis by BASF". **Greener Management International,** n. 45, pp. 79. 2004.

SILVA, Edna Lúcia; MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da pesquisa e eleaboração de dissertação.** 3. ed. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 2001.

SOUSA, Ana Carolina Cardoso. **Responsabilidade Social e Desenvolvimento Sustentável:** A incorporação dos conceitos à estratégia empresarial. 213f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Estratégico) – Universidade Federal do Rio de Janeiro – COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro–RJ, 2006.

SOUZA, André Heli Coimbra Botto. **Guia técnico e ambiental da indústria de papel e celulose.** São Paulo–SP: CETESB, 2008.

STAHEL, A. W. Capitalismo e entropia: os aspectos ideológicos de uma contradição e a busca de alternativas sustenta´veis. In: CAVALCANTI, C. **Desenvolvimento e natureza:** estudo para uma sociedade sustentável. 2ª e. São Paulo: Cortez; Recife: Fundação Joaquim Nabuco, 1998. p.104–127.

STERN, Nicholas. Review on the Economics of Climate Change. 2006.

SVMA – Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente de São Paulo. **Portaria nº06**, de 24 de janeiro de 2007.

TEIXEIRA, Wilson et al. (Org.). **Decifrando a Terra**. 2ª. Ed. São Paulo: Cpmpanhia Editora Nacional, 2009. 623p.

UNCTAD – United Nations Conference on Trade and Development., **A Manual for the Preparers and Users of Eco–efficiency Indicators**. New York and Geneva, 2004.

UNEP – United Nations Environment Programme. **Assessing the Environmental Impacts of Consumption and Production**: Priority Products and Materials. 2010.

____________. **Blue Carbon:** The Role of Healthy Oceans in Binding Carbon. Norway: Birkeland Trykkeri AS. 2009.

____________. **Global Green New Deal:** An Update for the G20 Pittsburgh Summit. 2009.

____________. **UNEP Year Book.** 2009.

VASCONCELLOS, Eduardo de Alcântara; OLIVEIRA, Iêda Maria Lima. **Quantificação das Deseconomias do Transporte Urbano: uma resenha das experiências internacionais**. Série Texto para Discussão, Nº 586. Brasília, DF: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, 1998.

VIANNA, F. C.. **Análise de ecoeficiência**: Avaliação do desempenho econômico ambiental do biodiesel e petrodiesel. 205f. Dissertação (Mestrado em Engenharia química) Universidade de São Paulo–USP, São Paulo–SP. 2006.

VILLANUEVA, Luz Zoraida Dondero. **Uso do Gás natural em Veículos Leves e Mecanismo de Desenvolvimento Limpo no Contexto Brasileiro.** 183f. Tese (Doutorado), USP, São Paulo–SP. 2002.

VOLPON, Claudia Torres. **Alinhamento estratégico da responsabilidade socioambiental corporativa no caso de empresas que atuam em redes de relacionamento**: resultados de pesquisa na Petrobras. 171f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUC, Rio de Janeiro, 2006.

WBCSD – World Business Council for Sustainable Development. **Eco–efficiency**: Creating more value with less impact. 2000.

_____________. **Measuring Eco–efficiency**: A Guide to Reporting Company Performance. 2000.

WEBER, Christopher L.; MATTHEWS, H. Scott. Quantifying the Global and Distributional Aspects of American Household Carbon Footprint. **Ecological Economics.** v. 66, n.2–3, pp. 379–391, jun. 2008.

WEF – World Economic Forum. **Supply Chain Decarbonization**: The Role of Logistics and Transport in Reducing Supply Chain Carbon Emissions. Geneva, 2009.

WEIDEMA, B. P. et al. Carbon Footprint: A Catalyst for Life Cycle Assessment? **Journal of Industrial Ecology,** Zurich–Switzerland, v. 12, n. 1, pp.3–7, 2008.

WIEDMANN, T.; MINX, J. A Definition of 'Carbon Footprint'. In: PERTSOVA, C. C. **Ecological Economics Research Trends**. Hauppauge–NY, USA: Nova Science Publishers, 2008. cap. 1.

WRI – World Resources Institute; WBCSD – World Business Council for Sustainable Development. **Protocolo de Gases com Efeito Estufa –** Normas Corporativas de Transparência e Contabilização. 2003.

WWF, Global Footprint Network. **Relatório Planeta Vivo 2006**. Switzerland: WWF Gland, Zoological Society of London, 2006.

ANEXO I

Princípios Éticos do Sistema Petrobras

I. O respeito à vida e a todos os seres humanos, a integridade, a verdade, a honestidade, a justiça, a eqüidade, a lealdade institucional, a responsabilidade, o zelo, o mérito, a transparência, a legalidade, a impessoalidade, a coerência entre o discurso e a prática, são os princípios éticos que norteiam as ações do Sistema Petrobras.

II. O respeito à vida em todas as suas formas, manifestações e situações é o principio ético fundamental e norteia o cuidado com a qualidade de vida, a saúde, o meio ambiente e a segurança no Sistema Petrobras.

III. A honestidade, a integridade, a justiça, a eqüidade, a verdade, a coerência entre o discurso e a prática referenciam as relações do Sistema Petrobras com pessoas e instituições, e se manifestam no respeito às diferenças e diversidades de condição étnica, religiosa, social, cultural, lingüística, política, estética, etária, física, mental e psíquica, de gênero, de orientação sexual e outras.

IV. A lealdade ao Sistema Petrobras se manifesta como responsabilidade, zelo e disciplina no trabalho e no trato com todos os seres humanos, e com os bens materiais e imateriais do Sistema, no cumprimento da sua Missão, Visão e Valores, em condutas compatíveis com a efetivação de sua Estratégia Corporativa, com espírito empreendedor e comprometido com a superação de desafios.

V. A transparência se manifesta como respeito ao interesse público e de todas as partes interessadas e se realiza de modo compatível com os direitos de privacidade pessoal e com a Política de Segurança da Informação do Sistema Petrobras.

VI. O mérito é o critério decisivo para todas as formas de reconhecimento, recompensa, avaliação e investimento em pessoas, sendo o favorecimento e o nepotismo inaceitáveis no Sistema Petrobras.

VII. A legalidade e a impessoalidade são princípios constitucionais que preservam a ordem jurídica e determinam a distinção entre interesses pessoais e profissionais na conduta dos membros dos Conselhos de Administração, dos Conselhos Fiscais e das Diretorias Executivas e dos empregados do Sistema Petrobras.

VIII. O Sistema Petrobras compromete-se com o respeito e a valorização das pessoas em sua diversidade e dignidade, em relações de trabalho justas, numa ambiência saudável, com confiança mútua, cooperação e solidariedade.

IX. O Sistema Petrobras desenvolve as atividades de seu negócio reconhecendo e valorizando os interesses e direitos de todas as partes interessadas.

X. O Sistema Petrobras atua proativamente em busca de níveis crescentes de competitividade, excelência e rentabilidade, com responsabilidade social e ambiental, contribuindo para o desenvolvimento sustentável do Brasil e dos países onde atua.

XI. O Sistema Petrobras busca a excelência em qualidade, segurança, meio ambiente, saúde e recursos humanos, e para isso promove a educação, capacitação e comprometimento dos empregados, envolvendo as partes interessadas.

XII. O Sistema Petrobras reconhece e respeita as particularidades legais, sociais e culturais dos diversos ambientes, regiões e países em que atua, adotando sempre o critério de máxima realização dos direitos, cumprimento da lei, das normas e dos procedimentos internos.

ANEXO II

PROJETO DE LEI

Institui o Selo de Neutralidade em Emissão de Carbono para as empresas localizadas no âmbito do Estado do Rio Grande do Norte.

A GOVERNADORA DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE:

Faço saber que o Poder Legislativo decreta e eu sanciono a seguinte Lei:

Art. 1º - Fica instituído o Selo de Neutralidade em Emissão de Carbono para as empresas localizadas no âmbito do Estado do Rio Grande do Norte.

Art. 2º - O objetivo desta lei é incentivar a responsabilidade ambiental das organizações que atuam no âmbito do Estado do Rio Grande do Norte, a neutralizar a emissão de carbono através do plantio de árvores.

Art. 3º - O Selo de Neutralidade em Emissão de Carbono é um dispositivo atestando que a empresa neutraliza, através da compensação do plantio de árvores, a emissão direta ou indireta do carbono no meio ambiente.

Art. 4º - O Poder Executivo, mediante decreto, indicará o órgão ou entidade competente para fiscalizar o cumprimento desta lei e promover ampla divulgação de seu programa.

Art. 5º - Os empresários interessados em participar do programa, sejam pessoas físicas, sejam jurídicas, deverão se inscrever no órgão indicado em decreto do Poder Executivo.

Parágrafo único - As normas e as condições para divulgação, habilitação, execução e operacionalização do Selo de Neutralidade em Emissão de Carbono serão regulamentadas pelo órgão ou entidade indicados na forma do art. 4º desta Lei.

Art. 6º - Os empresários selecionados e aprovados no Selo de Neutralidade em Emissão de Carbono terão prioridade no financiamento para investimento e custeio na sua propriedade.

Parágrafo único - Os empresários agraciados receberão, ainda, o Certificado do Selo de Neutralidade em Emissão de Carbono, conferido pelo órgão ou entidade indicados na forma do art. 5º desta lei.

a) Os empresários que contarem com o Certificado do Selo de Neutralidade em Emissão de Carbono têm autorização para divulgar o recebimento deste Certificado.

b) O órgão ou entidade indicados na forma do artigo 4º desta lei irá definir a forma e limite para divulgação do Certificado do Selo de Neutralidade em Emissão de Carbono.

Art. 7º - As despesas decorrentes da execução desta lei serão custeadas mediante o pagamento da taxa de inscrição pelas empresas interessadas em participar do programa.

§ 1º - O Poder Executivo regulamentará através de decreto a criação de uma taxa de inscrição para o fim específico de reparar os custos da Administração Pública com a concessão ou não do selo ambiental para cada interessado.

§ 2º - O Poder Executivo poderá consignar recursos orçamentários para o custeio das despesas decorrentes da execução desta lei.

Art. 8º - Esta lei será regulamentada pelo Poder Executivo no prazo de sessenta dias contados de sua publicação.

Art. 9º - Esta lei entrará em vigor na data da sua publicação, produzindo efeitos após a regulamentação de que trata o art. 9º.

Art. 10º - Revogam-se as disposições em contrário.

Sala das Sessões "**DEPUTADO CLÓVIS MOTTA**" da Assembléia Legislativa do Rio Grande do Norte: Palácio "**JOSÉ AUGUSTO**", em Natal, 10 de maio de 2011.

Deputado Ezequiel Ferreira

JUSTIFICATIVA

Responsabilidade ambiental são todas as ações que vislumbram o compromisso ético da empresa com o meio ambiente no qual está inserida. A forma da empresa compensar a emissão de gás carbônico no meio ambiente através do plantio de árvores é uma atitude que deve ser louvada por todos nós.

É importante a parceria entre a iniciativa privada e o Estado para que seja feito um trabalho com a finalidade de neutralizar a emissão do carbono no meio ambiente, um dos responsáveis pela desertificação, pelo efeito estufa e pelo aquecimento global. O plantio de árvores de mais de 80 espécies diferentes neutraliza o CO2 emitido combatendo o aquecimento global, protegendo a biodiversidade, além de proporcionar educação e responsabilidade ambiental.

A vigência deste projeto de lei, com a outorga do Selo de Neutralidade em Emissão de Carbono, certamente estimulará as organizações desenvolverem atividades ambientalmente responsáveis minimizando os impactos negativos nas comunidades onde atuam.

Desta forma, proponho aos meus ilustres pares a apreciação deste projeto de lei, esperando a sua aprovação em benefício da humanidade.

ANEXO III

Cadeia produtiva do papel *offset* sob a perspectiva 'do berço ao portão da fábrica', contemplada como fronteira por Galdiano (2006).